

Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito

YMPÄRISTÖN-
SUOJELU



Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito

Helsinki 2008

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS



YMPÄRISTÖHALLINNON OHJEITA I | 2008

Suomen ympäristökeskus
Asiantuntijaosasto

Taitto: Seija Turunen

Kansikuva: Risto Saarinen

Sisäsivujen kuvat: Katarzyna Kreft-Burman (Kuva 12),
Helsingin kaupungin rakennusvirasto (Kuvat 5 ja 8)

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

Julkaisu on painettu paperille, joka on valmistettu
ympäristöä säästäen.

Vammalan kirjapaino Oy, Helsinki 2008

ISBN 978-952-11-3150-9 (nid.)

ISBN 978-952-11-3151-6 (PDF)

ISSN 1796-1645 (pain.)

ISSN 1796-1653 (verkkokoj.)

ALKUSANAT

Tämä julkaisu on tarkoitettu avuksi ja ohjeeksi kaatopaikkoja käytöstä poistettaessa. Vuonna 1997 annetussa valtioneuvoston päätöksessä kaatopaikoilta edellytetään entistä parempia pohjarakenteita kaatopaikkojen aiheuttamien ympäristö- ja terveysvaikutusten vähentämiseksi. Vuoden 2007 lokakuussa täyttyi päätöksen täytäntöönpanon siirtymäaika, jonka jälkeen vanhan lainsäädännön mukaiset kaatopaikat oli poistettava käytöstä. Kaatopaikan asianmukainen käytöstä poistaminen tarkoittaa kaatopaikkatoiminnan lopettamisen lisäksi tarvittavia hallinnollisia toimenpiteitä, kunnostustoimenpiteitä sekä kaatopaikan jälkihoitoa. Jälkihoitoon sisältyy lopetetun kaatopaikan päästöjen seuranta ja hallinta, mikä voi jatkua jopa vuosikymmeniä kaatopaikan lopettamisen jälkeen. Koska päästöjen hallinta sekä lopetetulla että käytössä olevalla kaatopaikalla perustuu samoihin periaatteisiin ja toimintamalleihin, julkaisu soveltuu tältä osin myös uusien ja käytössä olevien kaatopaikkojen suunnitteluun ja käyttöön.

Käsillä olevan julkaisun pohjana on toiminut vuonna 2001 valmistunut "Kaatopaikkojen lopettamisopas" (Ympäristöopas 89), jossa tarkasteltiin kaatopaikkojen lopettamisessa huomioitavia tekijöitä ja menettelyjä. Vuoden 2001 opas laadittiin aikanaan jatkoksi "Kaatopaikan tiivistysrakenteet" -oppaalle, jossa käsiteltiin lähinnä kaatopaikan pohjan tiivistämistä. Vuoden 2001 opas soveltuu etenkin pienille ja vanhoille kaatopaikoille, joista valtaosa on jo poistettu käytöstä. Eri yhteyksissä viranomais-, kunta- ja urakoitsijatahojen kanssa on käynyt ilmi, että nyt siirtymäajan täytyttyä kaatopaikkoja käytöstä poistettaessa on tarvetta sekä päivitetylle että uudelle tiedolle.

Tässä julkaisussa kuvataan kaatopaikan käytöstä poistamisen tavoitteita ja keinoja määritellä kunnostamisen tarve, esitellään kaatopaikan tilan selvittämiseksi tehtäviä tutkimuksia sekä kunnostuksessa käytettäviä rakenteita. Jälkihoidon osalta keskitytään erityisesti kaatopaikkavesien ja kaasun keräily- ja käsittelymenetelmiin. Käytöstä poistamisen suunnittelu, prosessin vaiheet ja osapuolten vastuut sekä rakentamisen laadunvarmistus on esitetty kuten myös kunnostetun kaatopaikan jälkiseuranta. Kaatopaikkoja ja niiden käytöstä poistamista koskeva lainsäädäntö ja lupamenettely on esitetty kootusti. Tavoitteena on saattaa käytöstä poistettu kaatopaikka sellaiseen tilaan, jossa sen aiheuttamat ympäristövaikutukset pysyvät lain asettamissa rajoissa.

Julkaisu on laadittu yhdyskuntajätteen kaatopaikoille, mutta siinä esitetyt näkökohdat ovat sovellettavissa myös teollisuusjätteiden kaatopaikoilla. Jokainen kaatopaikka on kuitenkin yksittäistapaus, jonka haitalliset ympäristövaikutukset ja niiden torjunta riippuvat mm. sinne sijoitetun jätteen laadusta, jätepenkereen sijainnista ja ominaisuuksista, pinta- ja pohjavesiolosuhteista sekä asutuksen ja muiden kaatopaikan vaikutuksille altistuvien kohteiden etäisyydestä kaatopaikka-alueeseen. Siksi on tarpeen korostaa tämän julkaisun tapauskohtaisen soveltamisen merkitystä.

Vuoden 2001 opas laadittiin Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE). Työtä ohjasi tuolloin Suomen ympäristökeskuksen nimittämä asiantuntijaryhmä. Osa ryhmän

jäsenistä osallistui myös oppaan tekstien tuottamiseen. Tuolloiseen asiantuntijaryhmään kuuluivat seuraavat henkilöt: Erkki Loukola, SYKE, ympäristökuormitusyksikkö, puheenjohtaja; Matti Ettala, Matti Ettala Oy; Raimo Hillberg, Lounais-Suomen ympäristökeskus; Jukka Hämäläinen, Kaitos Oy; Antti Kaartokallio, Suunnittelukeskus Oy; Martti Keppo, Lohja Rudus Oy Ab Ympäristöteknologia; Riitta Kettunen, Tritonet Oy; Osmo Korhonen, Helsingin kaupungin geotekninen osasto; Markku Kukkamäki, SYKE, ympäristökuormitusyksikkö; Risto Kuusiniemi, SYKE, ympäristökuormitusyksikkö; Varho Laine-Juva, Vesihydro Oy; Juhani Puolanne, SYKE, ympäristökuormitusyksikkö; Hans Rathmayer, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, yhdyskuntatekniikka, tie- ja geotekniikka; Kari Ruohonen, Maa ja Vesi Oy; Toni Saarikoski, SYKE, vesivarayksikkö; Jouni Sarkkila, SYKE, ympäristökuormitusyksikkö; Markus Sjöholm, Via Pipe Oy; Juha-Heikki Tanskanen, SYKE, ympäristökuormitusyksikkö; Jouko Tuomainen, SYKE, ohjauskeinoyksikkö; Petri Väisänen, Energia-Ekonomi Oy; Anna Erkinheimo, SYKE, ympäristökuormitusyksikkö, sihteeri 1998–1999; Jouko Saarela, SYKE, ympäristökuormitusyksikkö, sihteeri 1997–1998, 2000–2001; Reetta Frilander, SYKE, ympäristökuormitusyksikkö, sihteeri 2001.

Myös käsillä oleva julkaisu on tehty Suomen Ympäristökeskuksessa ympäristöministeriön rahoituksella. Julkaisun aineiston ovat pääosin koonneet Kata Kreft-Burman SYKEstä ja Jyrki Hämäläinen Etelä-Savon ympäristökeskuksesta. SYKEN puolesta työtä on valvonut yli-insinööri Markku Kukkamäki ja ympäristöministeriön puolesta ylitarkastaja Ari Seppänen. Arvokkaita kommentteja työhön ovat antaneet mm. seuraavat henkilöt: Jouni Sarkkila, Suomen IP-Tekniikka Oy; Minna Leppänen, Tampereen teknillinen yliopisto / Ramboll Finland Oy; Outi Pyy, SYKE; Marjo Vuola ja Jaakko Heinolainen, Uudenmaan ympäristökeskus; Tuija Sievi-Korte, Pirkanmaan ympäristökeskus; Jukka Salmela, Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV ja Risto Saarinen, SYKE. Tekstin viimeistelystä on vastannut Irina Niinivaara, SYKE.

Työn ensi vaiheessa valmisteltiin ja lähetettiin alueellisille ympäristökeskuksille kyselylomake vuoden 2001 oppaan yksityiskohtaisista päivittämis- ja korjaustarpeista. Kyselyä täydennettiin haastattelemalla ympäristölupaviranomaisia ja alan asiantuntijoita. Tämä julkaisu perustuu suurelta osin näihin kyselyvastuksiin, haastatteluihin ja keskusteluihin.

SISÄLLYS

Alkusanat	3
Sisälllys	5
I Johdanto	9
1.1 Taustaa.....	9
1.2 Käsitteitä.....	11
1.3 Kaatopaikat ympäristön kuormittajina	12
1.4 Viime vuosien ongelmat.....	14
2 Lainsäädäntö ja hallinto	15
2.1 Sääntelyn kehitys	15
2.2 Nykyisin toimivia kaatopaikkoja koskeva sääntely	16
2.2.1 Yleistä.....	16
2.2.2 Kaatopaikkatoimintaa koskeva valtioneuvoston asetus.....	17
2.2.3 Kaatopaikkatoiminnan harjoittamisen ja lopettamisen luvanvaraisuus	18
2.3 Toimintansa lopettaneet kaatopaikat.....	19
2.3.1 Vastuu vanhojen kaatopaikkojen kunnostamisesta	19
2.3.2 Kunnostamishankkeen luvanvaraisuus	19
2.4 Taloudellinen varautuminen kaatopaikkatoiminnan lopettamiseen.....	20
3 Käytöstä poistamisen tavoitteet ja kunnostamisen tarve	22
3.1 Maaperän suojelu.....	23
3.2 Pintavesien suojelu.....	24
3.3 Pohjavesien suojelu	25
3.4 Ilmansuojelu	27
3.5 Muut tavoitteet	28
3.6 Ympäristö- ja terveysriskinarviointi	29
3.6.1 Tavoitteet	30
3.6.2 Riskin alustava arviointi.....	31
3.6.3 Riskin tarkennettu arviointi.....	33
3.6.4 Riskinarvioinnin hyödyntäminen.....	34
4 Kaatopaikan tilan tutkimukset	36
4.1 Perustilaselvitys.....	36
4.2 Historia- ja taustatiedot	37
4.3 Kenttätutkimukset	38
4.3.1 Yleistä.....	38
4.3.2 Karttojen käyttö	38
4.3.3 Pohjamaan ominaisuuksien selvittäminen.....	39
4.3.4 Kaatopaikkapenkereen ominaisuuksien selvittäminen	41
4.3.5 Näytteenotto	41
4.3.6 Näytteiden analysointi ja tutkimustulosten esittäminen	43

5 Kunnostaminen: rakenteet	45
5.1 Kaatopaikan pinnan eristäminen	45
5.1.1 Yleistä	45
5.1.2 Pintaeristyksen rakenneosien toiminnalliset ja tekniset vaatimukset	46
5.1.3 Pintarakenteiden pitkäaikaiskestävyys	53
5.2 Tiivistyskerroksen rakenteiden materiaaleista	54
5.2.1 Luonnonmaatiivisteet	54
5.2.2 Maabentoniitit	56
5.2.3 Bentoniittimatot	57
5.2.4 Yhdistelmämateriaalit	60
5.2.5 Sivutuotteita tiivistysrakennemateriaaleina	60
5.2.6 Sivutuote-esimerkki: kuituliete	61
5.2.7 Testausmenetelmät	62
5.3 Pystyeristys	63
5.4 Muut kunnostustoimenpiteet	66
5.5 Kaatopaikan siirto	66
5.6 Sääolosuhteet	66
5.7 Mittaukset	67
6 Vesien ja kaasun käsittely	68
6.1 Vesien keräily ja käsittely	68
6.1.1 Niska- ja kokoojaojitus	68
6.1.2 Sisäisen vesipinnan lasku	69
6.1.3 Kaatopaikkaveden määrän säätely	70
6.1.4 Kaatopaikkaveden käsittely	71
6.1.5 Pohjaveden suojaumppaus	75
6.2 Kaatopaikkakaasun keräily ja käsittely	76
6.2.1 Aktiivinen keräily	76
6.2.2 Kaasun energian hyödyntäminen	79
6.2.3 Biologinen käsittely	82
7 Suunnittelu	84
7.1 Yleistä	84
7.2 Suunnittelijan rooli	85
7.3 Yleissuunnitelma	85
7.4 Rakennussuunnitelma	86
7.5 Mittaussuunnitelma	87
8 Lopettamisprosessin kulku ja osapuolten vastuut	89
8.1 Käyttövaihe	89
8.2 Sulkemisvaihe	89
8.3 Painumisvaihe	90

8.4 Urakkakilpailu	91
8.5 Rakentaminen	91
8.6 Osapuolet ja vastuut rakentamishankkeen aikana	93
8.7 Työn vastaanotto	94
9 Laadunvarmistus	95
9.1 Yleistä	95
9.2 Laadunvalvontaa suorittavat tahot ja henkilöt	95
9.3 Eri tahojen laadunvalvontatehtävät	96
9.4 Laadunvalvontasuunnitelma	97
9.5 Laadunvalvontamittaukset	97
9.6 Rakenteiden materiaalien laadunvalvonta	98
9.7 Muiden kunnostustoimenpiteiden laadun varmistus	98
10 Kunnostetun kaatopaikan jälkiseuranta	100
10.1 Jälkiseurantaveltollinen	100
10.2 Jälkiseurannan tarkoitus	100
10.3 Jätepenkereen sisäinen vesi	101
10.4 Kaatopaikkavesi	101
10.5 Pintavedet	101
10.6 Pohjavesi	102
10.7 Kaatopaikkakaasu	102
10.8 Rakenteet	102
10.9 Jälkiseurannan vaiheistus	103
10.10 Raportointi	103
10.11 Jälkihoidon lopettaminen	104
Lähteet	105
LIITE I Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista ja sen muutokset	108
LIITE 2 Jätetäytössä tapahtuvien prosessien ja jätetäytön ominaisuuksien perusteet	128
LIITE 3 Kaatopaikan pintatiivisterakenteen tehokkuuskäyrästäjä	142
LIITE 4 Kaatopaikkaveden erillis-/esikäsittelyssä huomioitavat tekijät	144
LIITE 5 Eri käsittelymenetelmien soveltuvuus kaatopaikkavesien puhdistuksessa	147

LIITE 6 Kaaviokuva kaatopaikavesien ja -kaasujen keräilystä, käsittelystä ja tarkkailusta.....	148
LIITE 7 Esimerkki kompostien ja maalajien hapetusasteista.....	149
LIITE 8 Kaatopaikan lopettamissuunnitelmien tarkastus	150
Kuvailulehti.....	153
Presentationsblad	154
Documentation page.....	155

1 Johdanto

1.1

Taustaa

Suomen liittyminen Euroopan Unioniin merkitsi yhteisöainsäädännön toimeenpanoa Suomen lainsäädännössä. Keskeiset jätealan puitedirektiivit sisällytettiin jätelakiin (1072/1993) ja jäteasetukseen (1390/1993), jotka astuivat voimaan 1.1.1994. Jätelainsäädäntöön sisällytettiin uusi lupavelvollisuus kaatopaikoille ja monia uusia vaatimuksia kaatopaikkojen haitallisten ympäristövaikutusten torjumiseksi. Uutta oli tuolloin maaperän saastuttamiskielto, jota voitiin soveltaa myös kaatopaikkoihin. Vuonna 2000 astui voimaan ympäristönsuojelulaki (86/2000), johon siirrettiin mm. lupamenettelyä koskevat säännökset jätelaista ja maaperän pilaamiskielto (YSL 7 §).

Jätelain voimaan astumisen aikoihin ja kolmen vuoden siirtymäaikana sen jälkeen lopetettiin erityisesti pieniä, puutteellisesti perustettuja ja haitallisia ympäristövaikutuksia aiheuttavia kaatopaikkoja hyvin paljon. Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen on sen jälkeenkin jatkunut noin 70 kaatopaikan vuosivauhtia. Sitä ovat ylläpitäneet osaltaan valtioneuvoston päätös (861/1997) kaatopaikoista ja valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2005 (Ympäristöministeriö 1998b). Suunnitelmassa asetettiin kaatopaikkojen lukumäärän tavoitteeksi 50–80 kpl. Kaatopaikkojen määrän kehitys vuosina 1991–2005 on esitetty taulukossa 1.

Lopettamiseen liittyvä hallinnollinen menettely on ollut horjuvaa ja vaatimustaso kirjava. Syynä ovat olleet sekä määräysten ja ohjeiden puute että kaatopaikkojen pitäjien kiire päästä eroon epämiellyttäviä yllätyksiä mahdollisesti tuottavista alueista. Tuloksena on koko joukko kaatopaikkoja, jotka on lopetettu tavalla, jota ei enää nykyisin hyväksyttäisi. Lopetetuista kaatopaikoista on myös aiheutunut haittoja, joita on jälkikäteen jouduttu korjaamaan hyvin raskaalla kädellä kuten Helsingin Myllypurossa. Onkin nähtävissä, että monia näistä puutteellisesti käytöstä poistetuista kaatopaikoista on tarpeen kunnostaa lisää ja huolehtia asianmukaisesti niiden jälkihoidosta.

Kaatopaikkoja koskevan yksityiskohtaisen säännösten (direktiivien) valmistelu alkoi komissiossa 1990-luvun alussa. Direktiivin odotettiin suojelevan ympäristöä kaatopaikkojen aiheuttamilta haitoilta entistä paremmin ja muuttavan jätehuollon rakenteita jopa niin, että kaatopaikkojen vakiintuneen aseman jätehuollossa arveltiin vaarantuvan. Direktiivin laatiminen osoittautui kuitenkin vaikeaksi, koska kyseessä oli puuttuminen monin paikoin vakiintuneeseen toimintaan. Toisin paikoin jätehuolto taas oli niin kehittymätöntä, että tuskin minkäänlaisia kaatopaikkoja oli ehditty perustaa.

Taulukko 1. Kaatopaikkojen määrän kehitys 1990–2005

Kaatopaikkatyyppi	Kaatopaikan pitäjä	Kaatopaikkojen lukumäärä									
		1990	1995	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Tavanomaisen jätteen kaatopaikat	Kunta			268	232	190	157	110	91	87	76
	Teollisuus			83	72	73	76	70	71	61	64
	Yhteensä	561	451	351	304	263	233	180	162	148	140
Ongelmajätteen kaatopaikat	Kunta			4	5	5	5	5	9	10	8
	Teollisuus			3	8	8	9	8	6	7	8
	Yhteensä	3	2	7	13	13	14	13	15	17	16
Pysyvän jätteen kaatopaikat	Kunta			6	6	19	23	35	48	4	3
	Teollisuus			2	4	5	6	15	23	15	16
	Yhteensä	3	16	8	10	24	29	50	71	19	19
Yhteensä	Kunta			278	243	214	185	150	148	101	87
	Teollisuus			88	84	86	91	93	100	83	88
	Yhteensä	567	469	366	327	300	276	243	248	184	175
Maankaatopaikat	Kunta									77	90
	Teollisuus									14	14
	Yhteensä									91	104

Kaatopaikkoja koskevien säädösten valmistelu alkoi myös Suomessa 1990-luvun alussa. Käytettävissä ei vielä tuolloin ollut minkäänlaista eurooppalaista pohjapaperia tai edes visiota sen sisällöstä. EU:n näkemys alkoi hahmottua vuosikymmenen puolivälissä, mutta direktiivin työstäminen vaati vielä useiden vuosien työn. Direktiivin luonnoksiin perustuva ja kotimaiseen pohjatyöhön tukeutuva valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/1997) astui voimaan 1.10.1997 (liite 1). Kaatopaikkadirektiivi astui voimaan 16.7.1999 ja se aiheutti eräitä muutoksia jäte- ja ympäristölainsäädäntöön, erityisesti valtioneuvoston kaatopaikkoja koskevaan päätökseen.

Valtioneuvoston päätöstä kaatopaikoista on muutettu ensimmäiseksi vuonna 1999 (1049/1999) ja sittemmin vuosina 2001 (552/2002), 2002 (13/2002) ja 2006 (202/2006) (liite 1).

Kaatopaikkoja koskevat määräykset ovat varsin tiukkoja. Ne antavat kuitenkin mahdollisuuden poiketa joistakin vaatimuksista silloin, kun siihen löytyy perusteltu syy ja määritellyt ehdot täyttyvät. Poikkeussuunnitelma on aina perusteltava hyvin ja osoitettava erityisesti sekä sen teknillinen toimivuus että pitkäaikaiskestävyys. Kuten lainsäädännöstä yleensä myös kaatopaikkoja koskevista määräyksistä puuttuu yksityiskohtaiset tekniset vaatimukset ja käytännön toimintaohjeet. Kaatopaikkojen

lopettamiseen on kiinnitetty sekä direktiivissä että valtioneuvoston päätöksessä vain yleistä huomiota. Suunnittelijat, kaatopaikkojen pitäjät ja viranomaiset tarvitsevat kuitenkin täsmällisempää tietoa siitä, kuinka määräyksiä tulisi soveltaa käytäntöön ja mitä pidetään asianmukaisena ja hyväksyttävänä kaatopaikka- ja ympäristönsuojelutekniikkana.

Suomen ympäristökeskuksessa on laadittu kaatopaikkojen tiivistysrakenteita koskeva opas (Leppänen 1998), koska tiivistysrakenteita koskevasta tiedosta oli suurin puute. Tiivistysrakenneoppaan tietoja ei ole tässä oppaassa toistettu.

1.2

Käsitteitä

Sulkeminen tarkoittaa jätteiden vastaanoton tilapäistä tai pysyvää lopettamista kaatopaikalla.

Kunnostaminen sisältää kertaluonteisia toimenpiteitä, joilla käytössä olevaa tai käytöstä poistettua kaatopaikkaa korjataan sellaiseen tilaan, että kaatopaikkatoimintaa voidaan jatkaa tai kaatopaikka poistaa käytöstä asianmukaisesti. Kunnostetun kaatopaikan jätteet ovat tilassa, jossa niistä ei enää aiheudu akuuttia tai pitkäaikaista vaaraa ympäristölle tavanomaisissa olosuhteissa. Päästöt ympäristöön on mahdollisuuksien mukaan minimoitu.

Käytöstä poistaminen tarkoittaa kaatopaikkatoiminnan lopettamista ja kaatopaikan lopullista sulkemista. Lopettamiseen liittyy hallinnollisia ja muita kertaluonteisia toimenpiteitä, joilla kaatopaikka saatetaan – mahdollisten kunnostustoimenpiteiden jälkeen – sellaiseen tilaan, että sen päästöt ovat hallinnassa ja niitä on rajoitettu mahdollisuuksien mukaan. Käytöstä poistaminen voi kestää pitkään, koska siihen liittyy kaatopaikan jälkihoidon loppuun saattaminen. Kaatopaikan käytöstä poistamiseen liittyviä toimia jatketaan niin kauan, kunnes viranomainen toteaa ne kaatopaikan vähäisten päästöjen ja riskien vuoksi tarpeettomiksi.

Jälkihoito tarkoittaa käytöstä poistetun tai poistettavan kaatopaikan ympäristövaikutusten seuraamiseksi tai torjumiseksi tarvittavia toimia.

Kaatopaikkaprosessit tarkoittavat kaatopaikalla jätetäytössä tapahtuvia fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia prosesseja, joissa jäte liukenee, muuntuu ja/tai hajoaa sekä aiheuttaa muuntumis- ja hajoamistuotteiden päästöjä ympäristöön pääasiassa kaasumaisessa tai nestemäisessä olomuodossa.

Kaatopaikkavedellä tarkoitetaan kaatopaikalle sijoitetun jätteen läpi suotautuvaa tai muuta kaatopaikalla muodostuvaa likaantunutta nestettä.

Kaatopaikkakaasulla tarkoitetaan kaatopaikalle sijoitetusta jätteestä syntyvää kaasua.

Maisemointi tarkoittaa kaatopaikan siistimistä ja peittämistä ilman pintaeristysrakenteita sekä kaasun ja vesien keräysjärjestelmiä. Eristerakenteena voidaan pitää kerroksia, joiden läpi imeytyy vettä kuten 0,5 m paksuisesta kerroksesta, jonka vedenläpäisykertoimen k arvo on pienempi tai yhtä suuri kuin $1 \cdot 10^{-9}$ m/s ($k \leq 1 \cdot 10^{-9}$ m/s).

1.3

Kaatopaikat ympäristön kuormittajina

Kaatopaikasta aiheutuu jonkinasteista ympäristökuormitusta niin kauan kuin jätetäytössä on liukenemiselle, kemialliselle muuntumiselle tai hajoamiselle alttiita aineita. Jopa pysyvän jätteen kaatopaikoista voi aiheutua ympäristön kuormitusta, joskaan se ei enää aiheuta vaaraa terveydelle tai ympäristölle ja on kaatopaikkaveden myrkyllisyyttä ajatellen ”merkityksetöntä”, kuten valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/1997, 2 §) asian ilmaisee. Kaatopaikkaprosessit ovat käytössä olevalla kaatopaikalla aivan erilaisia kuin vastaavalla kaatopaikalla vuosia toiminnan lopettamisen jälkeen. Jätetäytön avoinna pitäminen saattaa jätepenkereen alttiiksi sateelle ja tuulelle, minkä lisäksi jätteen ikä vaikuttaa prosesseihin. Avoin jätepenger myös houkuttelee paikalle haittaeläimiä. Päästöihin vaikuttavat erityisesti orgaanisen aineksen hajoamisprosessit. Käytöstä poistetun kaatopaikan päästöt ympäristöön ovat lähinnä kaasumaisia tai nestemäisiä ja niiden määrä riippuu pääasiassa jätetäytön tilasta, johon vaikuttavat erityisesti jätteen koostumus ja jakauma, jätetäytön kosteus, hajoamiskelpoisen jätteen määrä ja ilman mahdollinen pääsy jätepenkereeseen. Kun kaatopaikan lopettamistoimet on saatettu päätökseen ja kaatopaikan päästöt ympäristöön arvioidaan vaarattomiksi, kaatopaikan tarkkailu ja seuranta voidaan lopettaa. Jätteen hajoaminen kaatopaikalla ja siitä aiheutuva ympäristökuormitus kestää kuitenkin vuosikymmeniä, esimerkiksi orgaanisen aineen osalta noin 35 vuotta, ammoniumtyypen osalta yli 50 vuotta ja raskasmetallien sekä kloridien osalta satoja vuosia, joten tarkkailua ja seurantaa voi olla tarpeen jatkaa hyvin pitkään. Kaatopaikkaprosesseja ja niihin vaikuttavia jätetäytön ominaisuuksia ja ympäristötekijöitä on tarkasteltu liitteessä 2.

Lopetettujen kaatopaikkojen lukumäärä on kasvanut, kun niitä on poistettu käytöstä tai on löytynyt aiemmin tilastoimattomia kaatopaikkoja. Vuonna 1992 Suomessa oli 1015 lopetettua kaatopaikkaa, vuonna 2000 niiden määrä oli 1541 ja vuonna 2005 lukumäärä oli 1666.

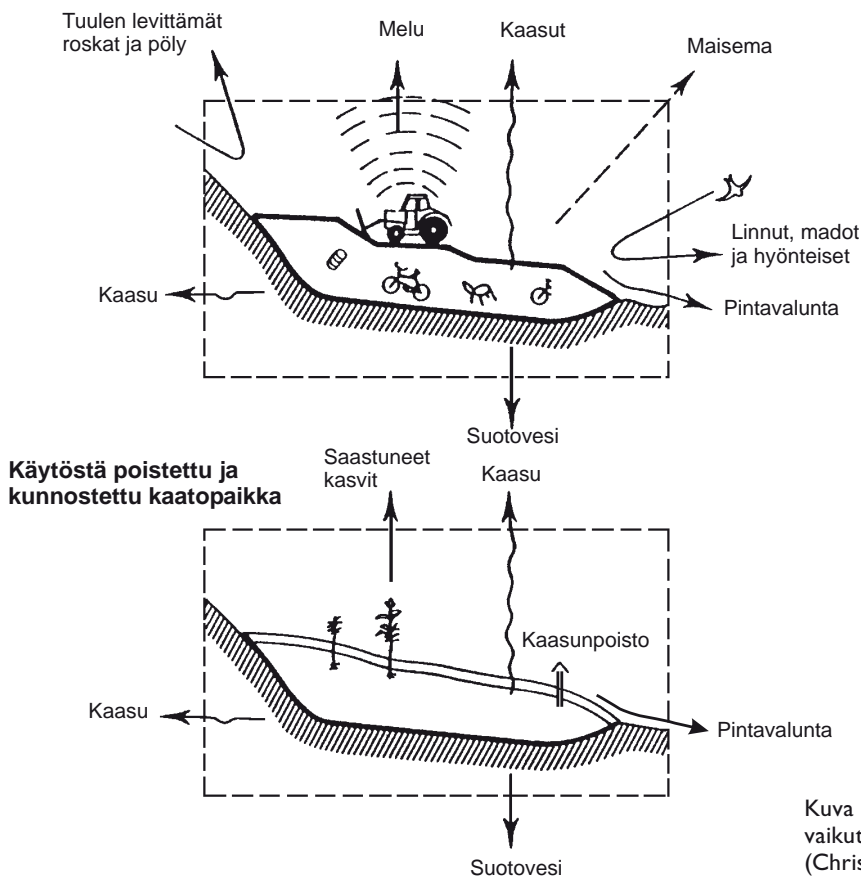
Kaikkein vanhimmissa kaatopaikoista aiheutuvia riskejä lisää se, että minkäänlaista niitä koskevaa lupamenettelyä ei ole ollut ja että yleinen tietous jätteistä aiheutuvista riskeistä on ollut vähäinen. Jätepenkereiden perustamiseen liittyviä yleisiä määräyksiä ei ole ollut olemassa ennen 1960-lukua. Kaatopaikat saatettiin sijoituspaikkalupavollisiksi 1960-luvun lopulla. Vesiensuojelua koskevien ns. ennakoilmoitusten piiriin ne tulivat vasta 1970-luvun lopulla, jolloin astui voimaan myös jätehuoltolaki ja teollisuuskaatopaikkojen hyväksymismenettely yritysten jätehuoltosuunnitelmissa.

Ongelmajätteet sijoitettiin yleisesti muiden vaihtoehtojen puutteessa kaatopaikoille ja täyttöalueille vielä 1970-luvun lopulla. Tilanne parani jätehuoltolain voimaan astumisen jälkeen, kun ongelmajätteisiin ryhdyttiin kiinnittämään huomiota. Todellinen parannus tapahtui vasta, kun valtakunnallinen ongelmajätelaitos Ekokem Oy käynnisti toimintansa vuonna 1984, jolloin tarjoutui laillinen tapa käsitellä ongelmajätteitä.

Kaatopaikkojen sijoittamista, rakenteita ja käyttöä koskevat periaatteet ovat kehittyneet varsinaisesti vasta 1990-luvulla. Niinpä varsinkin pienempien lopetettujen kaatopaikkojen jätepenkereet on ”viimeistely” tavallisesti ainoastaan levittämällä niiden päälle ohut irtomaakerros roskien näkymisen ja leviämisen estämiseksi. Vasta 1980 luvun lopulla alettiin kiinnittää huomiota muihinkin lopetettujen kaatopaikkojen haittatekijöihin ja riskeihin.

Sekä toiminnassa olevat että puutteellisesti lopetetut kaatopaikat ovat aiheuttaneet kaatopaikkatekniikan riittämättömyydestä johtuen runsaasti kaatopaikkapaloja. Kaatopaikkapaloista aiheutuvat myrkylliset päästöt tulivat ilmi vasta 1990-luvulla. Kuvassa 1 esitetään kaatopaikan vaikutukset ympäristöön.

Toiminnassa oleva kaatopaikka



Kuva 1. Kaatopaikan vaikutukset ympäristöön (Christensen 1989)

Viime vuosien ongelmat

Uudesta lainsäädännöstä ja paremmasta ohjauksesta huolimatta viime vuosina on ollut ongelmia mm. pieniä lopetettuja kaatopaikkoja koskien. Niiden käytöstä poistamiselle on aikoinaan tehty suhteellisen puutteelliset suunnitelmat, eikä lopettamisprosessia ja siihen liittyvää hallintomenettelyä ole ohjeistuksesta huolimatta sisäistetty. Näin ollen jotkut rakennuttajat ovat huonoilla suunnitelmilla ja ilman asiantuntevaa apua kilpailuttaneet lopettamishankkeita olematta yhteydessä viranomaisiin ennen urakkaneuvotteluja. Kaatopaikan pitäjä ja urakoitsija ovat saattaneet keskenään sopia rakenteista, materiaaleista tai työtavoista, joita viranomainen ei ole voinut hyväksyä, jolloin niitä on jouduttu muuttamaan työn aikana tai myöhemmin.

Kaatopaikkarakentamisen kokemuksen puuttuessa työ- tai laadunvalvontasuunnitelmien tai dokumentoinnin ja raportoinnin merkitystä ei puolestaan kaikissa tapauksissa ole ymmärretty ja ne ovat siten jääneet huonolle hoidolle tai hoitamatta. Varsinkin kertarakennuttajat ovat tarvinneet viranomaiselta ohjausta ”kädestä pitäen”, mikäli heidän ei ole ollut mahdollista ostaa suunnittelu- tai asiantuntijapalveluita kaatopaikkaa käytöstä poistaessaan.

2 Lainsäädäntö ja hallinto

2.1

Sääntelyn kehitys

Ennen 1990-luvun puoliväliä kaatopaikkoja koskeva lainsäädäntö oli hajanaista ja puutteellista. Suomesta puuttui yhtenäinen lainsäädäntö kaatopaikoista. Kaatopaikkatoiminnasta tosin oli yksittäisiä säännöksiä, mutta ne kohdistuivat eri osa-alueisiin kuten vesiensuojeluun tai terveydensuojeluun. Sääntelyn hajanaisuuden takia toimintaa ei voitu kokonaisvaltaisesti ohjata siten, että kaikki ympäristöön kohdistuvat vaikutukset olisi otettu huomioon. Hajanaisuuden seurauksena oli, että kaatopaikkoja perustettiin selvittämättä ympäristövaikutuksia eikä kaatopaikan toiminnan aikana edellytetty järjestelmällistä ympäristön tilan seuranta. Lisäksi kaatopaikkojen ympäristönsuojelun taso vaihteli kuntakohtaisesti. Lainsäädännössä ei ohjattu kaatopaikkojen lopettamisvaihetta yhtenäisesti. Tosin kaatopaikan lopettamisvaiheen jälkeisen ajan varalta oli jätehuoltoasetuksessa velvoitteita, mutta ne olivat yleisluonteisia. Esimerkiksi kaatopaikan lopettamisvaiheessa ei edellytetty viranomaisen hallintopäätöstä, jossa olisi määrätty ympäristöperusteisia ja suunnitelmallisia alueen jälkihoitotoimenpiteitä, vaan jälkihoito kohdistui lähinnä alueiden maisemointiin.

Vuonna 1994 lainsäädäntö muuttui olennaisesti kun jätelaki (1072/1993) tuli voimaan 1.1.1994. Tuolloin kaatopaikoilta alettiin järjestelmällisesti vaatia ympäristölupaa. Jätelain perusteella kaikilla kaatopaikoilla, joilla ei ollut lupaa ja joiden toimintaa aiottiin jatkaa 1.1.1997 jälkeen, tuli olla tuohon mennessä toiminnalleen ympäristölupa. Lupa käsiteltiin ympäristölupamenettelylain (735/1991) mukaisessa järjestyksessä. Siihen asti, kunnes uusi lupa oli saanut lainvoiman, noudatettiin kyseisen kaatopaikan kohdalla jätelakia edeltäneen lainsäädännön perusteella annettuja lupaehtoja tai niiden puuttuessa jätelaista ja vesilainsäädännöstä johtuvia yleisiä velvoitteita.

Vuonna 1997 kaatopaikkojen toiminta siirtyi järjestelmällisen sääntelyn piiriin kun valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (VNp 861/1997) tuli voimaan 1.10.1997. Päätöksen soveltamisalaan kuuluu kaatopaikan toiminta sen koko elinkaaren ajan. Sääntely koskee suunnitteluvaihetta, perustamista, rakentamista, käyttöä, hoitoa, käytöstä poistamista ja jälkihoitoa.

Vuonna 2000 ympäristönsuojelulainsäädännön uudistuksessa maaperän ja pohjavesien pilaamista koskevat säännökset keskitettiin ympäristönsuojelulakiin ja -asetukseen (86/2000 ja 169/2000)¹.

¹ Ajantasainen lainsäädäntö löytyy valtion säädöstietopankki Finlex®:sta, osoitteesta <http://www.finlex.fi> > lainsäädäntö > ajantasainen lainsäädäntö.

Nykyisin toimivia kaatopaikkoja koskeva sääntely

Yleistä

Kaatopaikkoja koskevat tärkeimmät säädökset ovat:

- jätelaki (JL) 1072/1993
- jäteasetus (JA) 1390/1993
- jätehuoltolaki (JhL) jätelain 77 §:n tarkoittamissa ns. vanhoissa tapauksissa
- ympäristönsuojelulaki (YSL) 86/2000
- ympäristönsuojeluasetus (YsA) 169/2000
- laki ympäristönsuojelulainsäädännön voimaannpanosta (LYsL) 113/2000
- POP-aineiden lainsäädäntö (Euroopan neuvoston ja parlamentin (EY) asetus No 850/2004)
- valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (VNp) 861/1997 ja muutokset 1049/1999, 552/2001, 13/2002, 202/2006 ja 59/2008
- Myös muussa lainsäädännössä on kaatopaikkoihin sovellettavia säännöksiä. Esimerkiksi valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (VNA) 1022/2006 voi aiheuttaa tarpeen asetuksessa mainittujen aineiden päästöjen tarkkailuun.

Jätelaissa (1072/1993) on asetettu yleisiä tavoitteita (JL 6 §), jotka koskevat myös kaatopaikkojen toimintaa ja käytöstä poistamista. Näiden tavoitteiden mukaan jätteestä tai jätehuollosta ei saa aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, jätettä ei saa hylätä tai käsitellä huolimattomasti ja on käytettävä parasta taloudellisesti käyttökelpoista tekniikkaa sekä mahdollisimman hyvää terveys- ja ympäristöhaitan torjuntamenetelmää.

Jäteasetuksen (1390/1993) kaatopaikkaa koskevat erityisvaatimukset koskevat myös lopetettuja kaatopaikkoja. Niiden mukaan kaatopaikasta ei saa aiheutua maiseman pilaantumista, maaperän saastumista tai ympäristön roskaantumista. Lisäksi tarvittaessa kaatopaikan suoto- ja valumavedet otetaan talteen ja puhdistetaan tai johdetaan muualle puhdistettavaksi (JA 8 §). Kaatopaikan tai sen osan lopettaessa toimintansa se on viipymättä saatettava sellaiseen kuntoon, ettei siitä käytöstä poistamisen jälkeen aiheudu edellä mainituissa 8 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai haittaa (JA 9 §).

Ympäristönsuojelulaissa ja -asetuksessa (86/2000 ja 169/2000) koottiin lainsäädännöllisesti yhteen ympäristön pilaantumista koskevat säännökset. Keskeistä on lupasääntely, jonka mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan on oltava ympäristölupa. Esimerkiksi kaatopaikkojen lopettamiseen liittyy velvollisuuksia, joihin varautuminen on selostettava ympäristölupaa koskevassa hakemuksessa (YsA 12 §). Lain kannalta keskeisiä toimijoita ovat alueelliset ympäristökeskukset,

kunnat, toiminnanharjoittajat sekä konsultit. Toimivaltainen viranomainen kaatopaikkoja koskevissa asioissa on alueellinen ympäristökeskus, mutta myös kuntien viranomaisilla on tehtäviä niin kaatopaikkojen pitäjinä kuin kaatopaikkoja koskevien määräysten ja lupien paikallisvalvojina. Suunnittelijoilla ja konsulteilla on keskeinen rooli, sillä käytännössä he laativat lupahakemukset ja suunnitelmat, jotka lupaviranomainen myöhemmin vahvistaa.

2.2.2

Kaatopaikkatoimintaa koskeva valtioneuvoston asetus

Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (VNp 861/1997) tuli voimaan 1.10.1997. Päätöksen tavoitteena on pintaveden, pohjaveden, maaperän ja ilman pilaantumisen ehkäisemiseksi sekä ilmastomuutoksen ja muiden siihen rinnastettavien laaja-alaisien haitallisten ympäristövaikutusten torjumiseksi ohjata kaatopaikkojen käytöstä poistamista ja jälkihoitoa siten, ettei niistä pitkänkään ajan kuluessa aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle (VNp 1 §). Päätös koskee kaikkia sen voimaantulopäivänä käytössä olleita kaatopaikkoja ja siten myös aiemmin perustettujen kaatopaikkojen käytöstä poistoa ja jälkihoitoa (VNp 9 §).

Kaatopaikkapäätöstä on muutettu useita kertoja. Ensimmäisen kerran muutos tapahtui vuonna 1999 (1049/1999). Seuraavat muutokset tulivat vuosina 2001 (552/2001) ja 2002 (13/2002). Uusin muutos tehtiin vuonna 2006 (202/2006) ja astui voimaan 1.9.2006. Muutoksilla on mm. pantu täytäntöön vuonna 1999 annettu Euroopan Unionin kaatopaikkadirektiivi (1999/31/EY) ja vuonna 2003 annettu neuvoston päätös (2003/33/EY). (Valtioneuvoston päätös muutoksineen on liitteessä 1.)

Viimeisimpien muutosten jälkeen valtioneuvoston kaatopaikkapäätöksen liitteessä 1 on esitetty kaatopaikalle asetettavat yleiset vaatimukset. Lopetettavia kaatopaikkoja koskee liitteen kohta 3.2, jossa määrätään pintarakenteista täyttöalueen saavutettua lopullisen korkeutensa. Myös muut liitteen 1 vaatimukset ohjaavat lopetetun kaatopaikan rakenneratkaisuja kuten vesien käsittelyä ja -hallintaa (kohta 2), kaatopaikkakaasun hallintaa (kohta 4) ja geoteknisten ongelmien ratkaisuja (kohta 7). Lupaviranomainen voi tehdä yksittäisessä tapauksessa päätöksen, jolla se lieventää kaatopaikan pohja- ja pintarakenteita sekä kaatopaikkaveden ja -kaasun keräämistä koskevia vaatimuksia (kohta 5).

Menettelyt ja perusteet jätteen hyväksymiseksi kaatopaikalle määritellään päätöksen liitteessä 2. Kaatopaikkakelpoisuuden arviointi perustuu seuraavaan kolmitasoiseen menettelyyn: perusmäärittely, vastaavuustestaus ja tarkastus kaatopaikalla. Perusmäärittelyssä selvitetään mm. jätteen taustatietoja kuten em. jätteen syntytyyppi, muodostuva ja kaatopaikalle sijoitettava jätemäärä sekä arvio jätteen mahdollisesti sisältämistä haitta-aineista. Vastaavuustestauksella tarkistetaan, onko jäte lupamääräysten ja perusmäärittelyn mukainen. Tarkastus kaatopaikalla tarkoittaa sitä, että aistinvaraisesti tai yksinkertaisin fysikaalis-kemiallisin mittauksin arvioidaan, että jäte on aikaisemmin tehdyn selvityksen mukaista. Liitteessä 2 sää-

detään myös näytteenotosta ja tutkimusmenetelmistä ja liukoisuusominaisuuksien tutkimisesta.

Kaatopaikan ja sen jälkihoitovaiheen valvonnasta ja tarkkailusta määrätään liittees-
sä 3. Määräysten tarkoituksena on varmistaa muun muassa, että kaatopaikan sisäiset
prosessit etenevät tarkoitetulla tavalla ja että kaatopaikan ympäristönsuojelujärjestel-
mät toimivat täysin tarkoitetulla tavalla. Kohdassa 2 edellytetään perustilaselvityksen
tekemistä kaatopaikasta ennen sen käytöstä poistamista. Perustilaselvitys antaa tietoa
alueen pinta- ja pohjavesistä, jätetäytön hajoamistilasta ja kaasunmuodostuksesta, johon
lopettamisen jälkeisellä tarkkailulla saatuja tuloksia verrataan. Kohdassa 5 edellytetyn
kaatopaikka-, pinta- ja pohjavesien sekä kaatopaikkakaasun valvonta- ja tarkkailuohjel-
man ja kohdassa 6 edellytetyn raportoinnin avulla lupaviranomaiset valvovat lopetetun
kaatopaikan ympäristövaikutuksia ja ympäristöluvanmukaisuutta.

Koska kaatopaikkapäätöstä on muutettu useita kertoja, muutosten siirtymä- ja
voimaantuloajoilla on merkitystä kaatopaikkojen lopettamisen ja kunnostamisen
kannalta. Luvussa 2.3 tarkastellaan, miten muutokset vaikuttavat eri aikoina toimi-
neisiin kaatopaikkoihin.

Ennen valtioneuvoston kaatopaikkapäätöksen voimaantuloa (1.1.1997) käytöstä
poistetut kaatopaikat on kunnostettava, jos niistä aiheutuu ympäristö- tai terveyshait-
taa tai muuta vaaraa. Tämä kunnostusvelvollisuus ei juridisesti perustu päätökseen
vaan jäteasetuksen 8 ja 9 §:iin.

2.2.3

Kaatopaikkatoiminnan harjoittamisen ja lopettamisen luvanvaraisuus

Kaikilla nykyisin käytössä olevilla kaatopaikoilla on oltava ympäristölupa. Tämä
perustuu ympäristönsuojelulakiin ja -asetukseen. Kaatopaikkatoiminta on mainittu
asetuksen luettelossa luvanvaraisista toiminnoista. Nykyisin lupa-asian käsittelee
alueellinen ympäristökeskus (YSL 28 §, YsA 1 ja 6 §).

Kaatopaikkatoimintaa koskevaan ympäristölupaan on otettava määräykset myös
kaatopaikan käytöstä poistamista ja jälkihoitoa koskevista toimenpiteistä. Jälkihoi-
toa koskevissa määräyksissä on otettava huomioon kaatopaikasta aiheutuva vaara
tai haitta terveydelle tai ympäristölle vähintään 30 vuoden aikana sen jälkeen, kun
kaatopaikka on poistettu käytöstä.

Lupa on hankittava paitsi toiminnan aloittamista myös toiminnan olennaista
muuttamista varten. Toiminnan muuttaminen ei tosin ole luvanvaraista silloin, jos
toiminnan ympäristövaikutukset ja riskit muutoksen myötä pienenevät. Esimerkiksi
kaatopaikan käytöstä poistaminen ei siten periaatteessa aina vaadi uutta ympäristölu-
papäätöstä tai muuta lopettamissuunnitelman vahvistamista. Käytännössä näissäkin
tilanteissa viranomaishyväksyntä kuitenkin tarvitaan, koska sitä on voitu edellyttää
kaatopaikkaa koskevassa ympäristöluvassa tai viranomaisen voi valvontatoimenpi-
teenä tällaista suunnitelmaa edellyttää, varsinkin jos kaatopaikka aiheuttaa sellaisia
ympäristöhaittoja, joihin on tarpeen puuttua.

Toimintansa lopettaneet kaatopaikat

Vastuu vanhojen kaatopaikkojen kunnostamisesta

Suomessa on paljon vanhoja kaatopaikkoja. Ne ovat toimineet eri aikakausina. Osan toiminta on päättynyt jätelain voimaantulon (1.1.1994) jälkeen, osa on suljettu jo ennen jätelain voimaantuloa.

Vastuu kaatopaikan kunnostamisesta voi perustua joko jätehuoltoon tai maaperän pilaantumista koskevaan lainsäädäntöön. Kulloinkin sovellettava lainsäädäntö riippuu siitä, onko kyse myös jätteiden poiskuljettamisesta vai myös pilaantuneen maaperän puhdistamisesta.

Jätehuoltolainsäädännön mukaan kaikkien kaatopaikkojen jälkihoitoon kuuluu huolehtiminen siitä, että kaatopaikasta ei aiheudu haittaa ympäristölle tai terveydelle. Vastuu vanhan kaatopaikan jälkihoidosta määräytyy sen mukaan, mikä lainsäädäntö oli voimassa kaatopaikan käytöstä poistamisen ajankohtana. Eri-ikäisiin kohteisiin soveltuvaa lainsäädäntöä on selostettu tarkemmin teoksessa ”Vastuu pilaantuneen ympäristön puhdistamisesta” (Tuomainen 2006, 200–202).

Osa vanhoista kaatopaikoista on aikanaan voinut toimia ilman viranomaisen lupaa. Tästä syystä niiden lupapäätöksessä ei ole lopettamisen varalta yksilöityjä jälkihoitovelvoitteita vaan sovelletaan lainsäädännön yleisiä velvoitteita. Silti valvontaviranomaiset voivat yhä edelleen asettaa yksityiskohtaisia velvoitteita kaatopaikan sulkemisen aikaisen lainsäädännön perusteella.

Jos vanha kaatopaikka-alue otetaan uuteen käyttöön, se voi edellyttää alueen kunnostamista tai puhdistamista uuden käyttötarkoituksen mukaiseen kuntoon. Vanhaa kaatopaikka-aluetta voidaan tällaisessa tilanteessa juridisesti tarkastella pilaantuneena maa-alueena. Jos maa-alueen käyttötarkoitus muuttuu ja se sen takia aiheuttaa ympäristölle tai terveydelle haittaa tai vaaraa, tulee alue puhdistaa. Tällaisessa tapauksessa vastuu puhdistamisesta on yleensä kiinteistön nykyisellä haltijalla (Jätehuoltolaki 673/1978). Puhdistamishanke edellyttää erillistä ympäristölupaa tai -ilmoitusta ja siihen sovelletaan ajankohdaisia vaatimuksia.

Kunnostamishankeen luvanvaraisuus

Kaatopaikan kunnostushankkeen suunnitelma on esitettävä ympäristönsuojelulain nojalla viranomaisen hyväksyttäväksi ainakin seuraavissa tilanteissa:

- Jos vanha kaatopaikka siirretään muualle luvanmukaiseen paikkaan, siitä on tehtävä ilmoitus alueelliselle ympäristökeskukselle (YSL 78 §), joka ratkaisee, voidaananko siirto tehdä ilmoituksen perusteella vai tarvitaanko toimenpiteeseen ympäristölupa.

- Jos vanha kaatopaikka kunnostetaan sijaintipaikassaan, kunnostamiselle on yleensä haettava ympäristölupa (YSL 78 §), ellei alueellinen ympäristökeskus katso ilmoitusmenettelyä riittäväksi.
- Valtioneuvoston kaatopaikkapäätöksen voimaantulon (1.11.1997) jälkeen toimineiden kaatopaikkojen lopettamisessa noudatetaan päätöksen mukaisia velvoitteita.
- 1.11.2007 jälkeen toimintaa jatkavilla kaatopaikoilla on oltava asianmukaiset pohjarakenteet (kaatopaikkapäätöksen liite 1 kohta 3.1). Käytännössä viimeistään tämän jälkeen vanhat kaatopaikat on viipymättä poistettava käytöstä ja tarpeen mukaan kunnostettava.

2.4

Taloudellinen varautuminen kaatopaikkatoiminnan lopettamiseen

Kaatopaikan käytöstä poistaminen ja jälkihoito aiheuttavat kustannuksia. Aiemmin tapahtui usein, että suljetut kaatopaikat jäivät kunnostamatta, koska toiminnanharjoittajalla ei ollut siihen varoja. Nykyisin lainsäädäntö edellyttää vakuuden asettamista tai muun järjestelyn esittämistä kaatopaikkatoiminnan ympäristöluvan yhteydessä. Vakuusvelvollisuus perustuu juridisesti ympäristönsuojelulain 42 §:n 3 momenttiin ja valtioneuvoston kaatopaikkapäätökseen. Kaatopaikkatoimintaa harjoittavan on aina asetettava vakuus tai esitettävä muu vastaava järjestely. Tämä koskee myös kuntia ja kuntien omistamia jätehuoltoyrityksiä.

Vakuuden määrä vaihtelee tapauskohtaisesti. Tämän vakuuden on katettava kaatopaikan käytöstä poistamisen, pintarakenteiden rakentamisen ja muiden ympäristönsuojelurakenteiden huollot ja ylläpidon, sekä päästöjen ja painumien tarkkailutoimet. Vakuuden on katettava VNp:n (861/1997) mukaan kaatopaikan tarkkailutoiminnan kustannukset vähintään 30 vuoden ajan kaatopaikan sulkemisesta lukien. Ympäristönsuojelulain (86/2000) 42 §:n 3 momentin mukaan jätteen hyödyntämis- ja käsitteilytoiminnan harjoittajan on asetettava mm. toiminnan laajuus ja toimintaa koskevat määräykset huomioon ottaen riittävä vakuus tai esitettävä muu vastaava järjestely asianmukaisen jätehuollon varmistamiseksi. Lähtökohtana lainsäädännössä on, että vakuuden määrän on vastattava niitä kustannuksia, joita asianmukaisesta jätehuollosta toiminnan lopettamisen yhteydessä aiheutuu. Vakuudella katetaan ainoastaan sellaiset kustannukset, jotka voidaan lupaharkinnan yhteydessä ennakoida toimintaa koskevien lupamääräysten ja suoraan lainsäädännöstä johtuvien velvoitteiden perusteella. Vakuudella ei sen sijaan kateta sellaisia toimintaan sisältyviä kuluriskejä, joita ei voida lupaharkinnan yhteydessä ennakoida. Esimerkiksi maaperän tai pohjaveden pilaantuminen on yleensä luettava toiminnan ennakoiduttuihin kustannuksiin.

Vakuus vaihtelee sen mukaan, onko toiminnanharjoittaja kunta vai yksityinen sekä mikä on hänen varallisuusasemansa. Kunnan kaatopaikkatoiminnan osalta vakuutta

vastaavaksi muuksi järjestelyksi hyväksytään luvan mukaisten velvoitteiden täyttämistä koskeva sitoumus, jonka kunta antaa ympäristölupaviranomaiselle. Sama koskee myös kuntien omistamaa jätehuoltoyhtiötä, jonka puolesta sitoumuksen voivat antaa jätehuoltoyhtiön toimivaltaiset elimet. Muut vakuusjärjestelyt tulevat kyseeseen mm. yksityisten jätehuoltoalan yritysten osalta sekä myös sellaisten jätehuoltoyhtiöiden osalta, joissa on osakkaina kuntien lisäksi myös yksityisiä jätehuoltoyrityksiä. Muuna hyväksyttävänä vakuutena tai muuna vastaavana järjestelynä pidetään seuraavia vakuusarvoltaan toisiaan vastaavia järjestelyitä kuten pankkitalletus, pankin antama omavelkainen takaus, muu omavelkainen takaus kuten konsernitakaus, jos takauksen antaja on maksukykyinen, takausvakuutus tai muut järjestelyt, jotka vakuuden arvon säilyvyyden ja käytännön realisoitavuuden kannalta vastaavat edellä mainittuja vakuusjärjestelyjä.

Asetettavan vakuuden suuruudesta on annettu suosituksia ja soveltamisohjeita. Suomen ympäristökeskuksen selvityksessä ”Jätealan ympäristöluvut ja taloudellinen vakuus” on tarkasteltu lähemmin vakuuden asettamisen perusteita ja käytännön soveltamista (Kosola ja Kauppila 2006). Ympäristöministeriö on antanut soveltamisohjeet asiasta kirjeellään 9.3.2005 (Ympäristöministeriö 2005).

3 Käytöstä poistamisen tavoitteet ja kunnostamisen tarve

Kunnostustoimenpiteillä estetään kaatopaikkaa pilaamasta ympäristöä. Samalla kaatopaikka-alue muotoillaan ja viimeistellään niin, että se sopeutuu ympäristöönsä ja siellä tapahtuviin toimintoihin. Kunnostuksen lähtökohtana on pitkäaikainen ratkaisu, jolla ympäristölle ja ihmisten terveydelle aiheutuva riski vähennetään hyväksyttävälle tasolle. Ympäristönsuojelulain (86/2000) mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavan toiminnan harjoittaja vastaa vaikutuksien ennaltaehkäisystä ja ympäristöhaittojen poistamisesta tai rajoittamisesta mahdollisimman vähäisiksi (aiheuttamisperiaate). Maaperän ja pohjaveden pilaaminen on laissa kielletty.

Kaatopaikan kunnostamisen tarve voidaan selvittää kohdekohtaisella riskinarvioinnilla (ks. luku 3.6), jossa hyödynnetään kaatopaikan tilan tutkimuksista (ks. luku 4) saatavaa tietoa. Jos kaatopaikalla on taulukossa 2 esitettyjä tunnusmerkkejä, on kunnostamisen tarve selvitettävä kiireellisesti. Muissakin kuin kiireellisissä tapauksissa on tehokkaiden kunnostusmenetelmien valitsemiseksi ja mitoittamiseksi tarpeen tehdä kohdekohtainen riskinarviointi.

Kaatopaikan käytöstä poistamiseen voi olla ympäristö- ja terveysriskien vähentämisen lisäksi myös muita syitä kuten jätepoliittiset tavoitteet vähentää kaatopaikkojen määrää yleensä, kaatopaikan täyttyminen tai sen käyminen tarpeettomaksi tai taloudelliset syyt.

Taulukko 2. Kaatopaikan kiireelliseen kunnostustarpeeseen vaikuttavia tekijöitä ja toimenpiteitä

Kuormitus tai haitta	Toimenpide
Jätepenkereessä on suuria määriä ongelmajätettä	Riskinarviointi ja tarvittaessa ongelmajätteen erilliskäsittely
Jätepenkereen sisäinen vesipinta on korkealla	Vesipinnan lasku
Maaperä kaatopaikan ulkopuolella on pilaantunut	Maaperän puhdistaminen ja suojaustoimet
Asutusta on alle 200 m etäisyydellä jätepenkereestä	Suojarakenteet
Purkautuvan kaasun aiheuttamat haitat	Kaasun keräily ja käsittely
Eläimet aiheuttavat terveyshaittaa tai -vaaraa	Haitan ja vaaran estäminen

Maaperän suojele

Ympäristönsuojelulaissa (86/2000) säädetään yleisestä maaperän pilaamiskiellosta ja pilaantuneen maaperän puhdistamisesta sekä siihen liittyvistä velvoitteista. Maaperän pilaantuminen on määritelty sellaiseksi haitallisista aineista aiheutuvaksi maaperän laadun huononemiseksi, josta voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, viihtyisyyden melkoista vähentymistä tai muu niihin verrattava yleisen tai yksityisen edun loukkaus (YSL 7 §). Siten pilaantumisella voidaan tarkoittaa jo syntyneitä ja todennettavissa olevia haittoja tai riskejä, jotka viittaavat haitan mahdollisuuden esimerkiksi pitkän ajan kuluessa. Riskin suuruus määräytyy edelleen haittojen vakavuuden ja todennäköisyyden perusteella. Haitan ja riskin hyväksyttävyyys on arvioitava käytännössä aina erikseen, koska lainsäädännössä siihen ei ole otettu tarkemmin kantaa. Maaperää pidetään pilaantuneena, kun haitat tai riskit eivät ole hyväksyttäviä. Pilaantunut maaperä on lain mukaan puhdistettava tilaan, jossa siitä ei voi aiheutua terveyshaittaa eikä haittaa tai vaaraa ympäristölle (YSL 75 §).

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin lainsäädännöllisiä perusteita on tarkennettu valtioneuvoston asetuksella 214/2007 (PIMA-asetus). Asetuksen mukaan arvioinnin on perustuttava kohdekohtaiseen arvioon maaperässä olevien haitallisten aineiden mahdollisesti aiheuttamasta vaarasta tai haitasta terveydelle tai ympäristölle. Arvioinnissa on otettava huomioon:

- maaperässä todettujen haitallisten aineiden pitoisuudet, kokonaismäärä, ominaisuudet, sijainti ja taustapitoisuudet
- maaperä- ja pohjavesiolosuhteet alueella sekä tekijät, jotka vaikuttavat haitallisten aineiden kulkeutumiseen ja leviämiseen alueella ja sen ulkopuolella
- alueen ja sen ympäristön ja pohjaveden nykyinen ja suunniteltu käyttötarkoitus
- altistushäädöllisyys haitallisille aineille lyhyen ja pitkän ajan kuluessa
- altistumisen seurauksena terveydelle ja ympäristölle aiheutuvan haitan vakavuus ja todennäköisyys sekä haitallisten aineiden mahdolliset yhteisvaikutukset
- käytettävien tutkimustietojen ja muiden lähtötietojen sekä arviointimenetelmien epävarmuus

Lisäksi arvioinnissa on käytettävä apuna asetuksen liitteessä annettuja, riskiperusteisia maaperän kynnys- ja ohjearvoja.

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointia käsittelevä ympäristöministeriön ohje (Ympäristöministeriö 2007) tarkentaa PIMA-asetuksen varsin yleisiä arviointiperiaatteita. Ohjeessa esitetään vaiheittain etenevä arviointimenettely, jonka perusteella tunnistetaan, määritetään ja kuvataan maaperän haitallisista aineista aiheutuvat ympäristö- ja terveysriskit sekä arvioidaan niiden hyväksyttävyyys. Arvioinnin vaiheittainen lähestymistapa on esitetty tukemaan systemaattista tietojen keruuta, käsittelyä ja dokumentointia. Ohjeessa tarkennetaan myös PIMA-asetuksen liitteessä annettujen kynnys- ja ohjearvojen käyttöä. Näiden arvojen määrittäminen

teet on kuvattu erillisessä julkaisussa (Reinikainen 2007). Lisäksi ohjeessa selostetaan yleisiä riskinhallinnan sekä kaivetun maa-ainesjätteen käsittelyn ja hyötykäytön periaatteita, jotka eivät suoraan liity asetuksen soveltamisalaan. Ohje on tarkoitettu sovellettavaksi tarkasteltavan kohteen luonteen ja ominaisuuksien mukaan siten, että arvioinnin sisältö, laajuus ja toteutustapa olisivat tarkoituksenmukaisia.

Maaperän pilaantumista koskevat säädökset eivät kuitenkaan sellaisenaan koske jätteitä, eikä käytöstä poistettavaa kaatopaikkaa ja sen jätetäyttöä voi suoraan rinnastaa maaperäksi. Toisaalta erityisesti vanhoilla kaatopaikoilla pitkän ajan kuluessa tapahtuneen jätteen muuntumisen vuoksi jätejakeita voi olla lähes mahdotonta erotella jätettä ympäröivästä maa-aineksesta. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiohjeessa esitettyjä riskinarvioinnin periaatteita ja menetelmiä voi siten hyödyntää soveltuvin osin myös kaatopaikkojen käytöstä poistamiseen liittyvässä riskinarvioinnissa, koska tähän ei ole toistaiseksi annettu erillisiä ohjeita. Luvussa 3.6 on kuvattu maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiohjeen mukaista arviointimenettelyä ja sen soveltamista kaatopaikkojen ympäristö- ja terveysriskinarvioinnissa.

3.2

Pintavesien suojele

Valtioneuvoston kaatopaikkoja koskeva päätös vuodelta 1997 on edellyttänyt kaatopaikkavesien keräämistä ja käsittelyä vuoden 2002 alusta alkaen. Kaatopaikkavedet on kerättävä yhteen esimerkiksi salaojituksen avulla ja käsiteltävä paikan päällä tai puhdistamolla. Kaatopaikkavesien vähentämiseksi ja niiden laadun kontrolloimisen helpottamiseksi jätetäyttöön ja kaatopaikkavesien joukkoon ei saa päästää puhtaita pintavesiä eikä kaatopaikka-alueen ulkopuolisia valumavesiä.

Kunnostettavien ja käytöstä poistettavien kaatopaikkojen aiheuttamaa pintavesikuormitusta ja kaatopaikkavesien mahdollista käsittelytarvetta arvioidaan samojen periaatteiden mukaisesti kuin mitä tahansa jätevesipäästöä. Tavoitteena on pienentää pintavesiin kohdistuvaa kuormitusta. Uusi asetus VNA 1022/2006 vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista on korvannut VNp:n 363/1994. Asetuksessa mainitaan haitalliset aineet, joiden pitoisuudet tulisi vesistöön laskettavista kaatopaikkavesistä määrittää asetuksen määräämällä tarkkailutiheydellä. Asiantuntijan tekemän arvion mukaan tarkkailutiheyttä voidaan muuttaa.

Pintavesiin kohdistuva kuormitus lasketaan kaatopaikalta vesistöön purkautuvan veden laadun ja määrän avulla. Sitä voidaan verrata kaatopaikan sisäisen veden kuormituspotentiaaliin. On huomattava, että sisäisen veden kuormituspotentiaali antaa kuitenkin todellista suuremman kuormitusarvion esimerkiksi orgaanisten aineiden osalta, koska orgaaninen aines voi hajota metaaniksi jätetäytön alemmissa osissa, eikä se tältä osin kuormita pintavesiä. Jätepenkereen sisäisen veden kuormituspotentiaali lasketaan jätepenkereeseen asennettavista havaintoputkista otettujen vesinäytteiden pitoisuuksien keskiarvon, imeynnän ja jätepenkereen pinta-alan tulona. Pintavesi-

kuormitusta arvioitaessa otetaan huomioon myös kaatopaikan sisäisen vedenpinnan laskemisesta mahdollisesti aiheutuva kuormitus.

Kaatopaikka-alueelta purkautuvien vesien aiheuttama kuormitus voidaan muuttaa asukasvastineluvuiksi seuraavien arvojen avulla: typpi 12 g/as·d, fosfori 2 g/as·d, BOD₇ (ATU) 70 g/as·d ja COD_{Cr} 100 g/as·d. Asukasvastinelukuna esitetty kuormitus on laskettava kolmen maksimikuukauden keskiarvon tai vuosikeskiarvon perusteella, lukuun ottamatta poikkeuksellisia, esimerkiksi rankkasateista johtuvia tilanteita.

Taulukossa 3 on esitetty tavanomaisissa tapauksissa kaatopaikkavesien yleinen käsittelytarve (kaatopaikkavesien käsittelymenetelmät, ks. luku 6.1.4.). Toimenpiteiden tarve arvioidaan suurimman kuormitustekijän perusteella, joka yhdyskuntajätteen kaatopaikkojen osalta on yleensä typpi ja esimerkiksi metsäteollisuuden kaatopaikoilla COD_{Cr} ja BOD. Purkuvesistön ominaisuuksista riippuen vesien käsittelytarve voi poiketa taulukossa esitetystä.

Esimerkki: Jos kaatopaikkavesien aiheuttama kuormitus on 2,5 kg N/d, se vastaa asukasvastinelukua 208 (208 as = 2,5 kg N/d / 12 g N/d·as). Silloin vesienkäsittely on tarpeen, ellei luotettavasti muuta osoiteta.

Taulukko 3. Ohjeellinen kaatopaikan kunnostustarve pintavesikuormituksen vuoksi.

Asukasvastineluku/kuormitus	Kaatopaikkavesien käsittelytarve
0–49	Ei käsittelytarvetta
50–199	Vesien käsittely vain ympäristöltään erityisen herkillä alueilla
200–499	Vesien käsittely tarpeen ellei luotettavasti osoiteta sitä tarpeettomaksi
500–1999	Vesien käsittely aina tarpeen
yli 2000	Tehokas vesien käsittely tarpeen (VNA 888/2006)
Myrkyllisiä yhdisteitä	Vesien käsittely aina tarpeen. Tarvittaessa erilliskäsittely (VNA 1022/2006)

3.3

Pohjavesien suojeleminen

Pohjaveden pilaaminen on ympäristönsuojelulaissa kielletty. Tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella (pohjavesialue luokat I ja II) tai toisen kiinteistöllä oleva pohjavesi ei saa toiminnan seurauksena käydä terveydelle vaaralliseksi eikä sen laatua saa muutoin olennaisesti huonontaa. Toimenpiteillä ei saa myöskään vaikuttaa pohjaveden laatuun siten, että seurauksena voi olla yleisen tai toisen yksityisen edun loukkaus. Ympäristönsuojelulain mukaan toiminnasta ei saa aiheutua pohjaveden pilaantumisen vaaraa (YSL 86/2000 8 §). Valtioneuvoston päätöksessä pohjavesien suojelemisesta eräiden ympäristölle tai terveydelle vaarallisten aineiden aiheuttamalta pilaantumiselta (19.5.1994/364) on lueteltu aineet, joita

ei saa päästää pohjaveteen. Pohjavesiä koskeva valtioneuvoston asetus, jolla toimeenpannaan uusi pohjavesidirektiivi (2006/118/EY), on valmisteilla. Siinä mm. tullaan antamaan raja-arvot pohjaveden hyvän kemiallisen tilan arviointia varten. Mikäli on olemassa vaara, että maaperään päässeet haitalliset aineet voivat pilata, muuttaa tai vaarantaa pohjaveden laatua, tulee mahdollisesti aiheutuvat pohjavesiriskit arvioida riippumatta siitä, onko kyseessä uhka laajan pohjavesialueen hyödyntämiselle vai naapurikiinteistön yksittäisen kotitalouden vedenhankinnalle.

Riskinarvioinnin pitää sisältää tietoa pohjaveteen mahdollisesti kulkeutuvista haitta-aineista, niiden ominaisuuksista, määristä ja pitoisuuksista sekä kulkeutumisreiteistä, leviämisenopeudesta ja suunnasta sekä mahdollisista vaikutuksista vedenhankintaan. Haitallisten aineiden epätasainen jakautuminen pohjavedessä sekä aineiden kulkeutuvuuden ominaisuudet voivat hankaloittaa arviointia. On myös otettava huomioon, että pohjaveden laatu vaihtelee sekä alueellisesti että ajallisesti. (Asiasta kirjoittaa tarkemmin Kinnunen (2005). Lisää tietoa löytyy ympäristöhallinnon pohjavesitietojärjestelmästä².)

Kaatopaikkojen vaikutukset pohjaveteen selvitetään aina tapauskohtaisesti. Pohjavesinäytteenotossa otetaan huomioon pohjaveden virtaussuunnat ja mahdollinen orsivesien kulkeutuminen. Näytteenottopaikkojen tulee olla edustavia ja putkien asennettu oikein, jotta niistä otettujen näytteiden perusteella saadaan laadukkaita ja luotettavia näytteitä. Näytteenottoon sekä näytteiden kuljetukseen ja säilytykseen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Yksityiskohtaisen riskinarvioinnin perusteella määritetään ympäristönsuojelulain edellyttämät toimenpiteet. Käytöstä pois jääneet kaatopaikat eivät myöhemminkään saa aiheuttaa vaaraa pohjavedelle tai heikentää sen laatua (taulukko 4).

Pohjaveden kunnostustarpeen arvioinnissa vertailuarvoina käytetään pääsääntöisesti sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen (461/2000) mukaisia talousveden laatuvaatimuksia. Arvioinnissa tulee ottaa huomioon myös kyseiselle alueelle tyyppillisen puhtaan pohjavesiesiintymän pohjaveden laatu. Pohjavedessä ei myöskään saa esiintyä kaatopaikan pohjavesivaikutusta indikoivien parametrien muutoksia, esimerkiksi selvästi kohonneita kloridipitoisuuksia. Kaatopaikka on kunnostettava, mikäli pohjaveden laatu kiinteistön rajalla ei täytä jätepenkereestä aiheutuvien päästöjen vuoksi talousveden laatuvaatimuksia tai kaatopaikan vaikutusta kuvaavien aineiden kohonneet pitoisuudet tai arvot osoittavat, että kaatopaikan päästöistä voi aiheutua pohjaveden laadun vaarantuminen tai pilaantuminen. Kaatopaikan kunnostus on myös tarpeen, mikäli pohjaveden havaintoverkostosta saatujen pinnankorkeustietojen ja jätepenkereen lähialueen pohjaveden laadun perusteella pohjaveden pilaantuminen tai laadun vaarantuminen toisen kiinteistöllä on mahdollista.

Lisäksi tulisi pitää mielessä, että vanhoilla kaatopaikoilla saattaa olla erilaisia ongelmajätteitä, joiden vaikutus ei välttämättä tule esiin tavanomaisilla kaatopaikan vaikutusten arviointiin käytettävillä parametreillä, joita analysoidaan pohjavesinäytteistä.

² <http://www.ymparisto.fi> > Vesivarojen käyttö > Pohjaveden käyttö > Pohjavesialueiden kartoitus... > Pohjavesitietojärjestelmä POVET

Taulukko 4. Ohjeellinen kaatopaikan kunnostustarve pohjavesikuormituksen vuoksi.

Kaatopaikan sijainti ja kuormituskohte	Kunnostustarve
Oma kiinteistö luokittelemattoman pohjavesialueen ulkopuolella	Ei kunnostustarvetta
Muu pohjavesialue, pienvedenhankinta	Haitta estettävä, rajoitettava tai korvattava haitan kärsijälle
III luokan pohjavesialue	Haitta estettävä tai rajoitettava ja korvattava haitan kärsijälle
I ja II luokan pohjavesialueet	Kunnostettava tai poistettava alueelta

III-pohjavesiluokan alueella ja muualla sijaitseva kaatopaikka ei saa pilata toisen kiinteistöllä irtomaakerroksessa tai kallioperässä sijaitsevien kaivojen talousvetenä käytettävän veden laatua, jonka tulisi täyttää edellä mainitut talousveden laatuvaatimukset. Mikäli toisen kiinteistöllä pohjaveden käyttö kasteluun tai karjan juottoon estyy, kaatopaikka on kunnostettava.

Yksittäisten pilaantuneiden kaivojen pilaantumishaitta voidaan korvata ja järjestää talousvesi vaihtoehtoisratkaisuin. Sen lisäksi on ryhdyttävä sellaisiin pohjavesien suojelutoimiin, joilla estetään pilaantumisen laajeneminen (ks. luku 6.1).

3.4

Ilmansuojelu

Suomi on sitoutunut Kioton pöytäkirjan mukaisesti vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä. Kaatopaikoille sijoitetusta biohajoavasta jätteestä vapautuu sen hajotessa biokaasua, josta yli puolet on metaania. Suomessa tämä prosessi on hidas ja jatkuu useiden vuosikymmenien ajan. Metaani, joka vapautuu ilmakehään, on tehokas kasvihuonekaasu ja sen lämmityspotentiaali on hiilidioksidiin verrattuna 23-kertainen (IPCC 2001). Jätesektorin osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöistä on noin 4 %.

Kaatopaikan käytöstä poistamisen ja jälkihoidon yhtenä tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasujen haitallista purkautumista ilmakehään sekä estää kaatopaikasta aiheutuvat hajuhaitat ympäristössä. Jäteperäisen kasvihuonekaasun päästöä voi vähentää biohajoavan jätteen kaatopaikkakäsittelyn rajoittamisella sekä kaatopaikkakaasun keräyksen tehostamisella. Kaatopaikalla syntyvää kaasua voidaan mahdollisuuksien mukaan hyödyntää energiantuotannossa. Kaasu voidaan myös polttaa soihutupolttimessa, jotta metaani muuttuu ilmakehän kannalta vähemmän haitalliseksi aineiksi, hiilidioksidiksi ja vedeksi.

VNP kaatopaikoista (861/1997) on edellyttänyt kaatopaikkakaasun keräystä ja käsittelyä vuoden 2001 alusta lähtien. Kaatopaikalla muodostuvan kaasun aiheuttama kunnostustarve riippuu muodostuvan kaasun laadusta ja määrästä sekä kulkeutumisesta ja ympäristöolosuhteista taulukon 5 mukaisesti. Kunnostamistarve voi perustua joko kaasujen kasvihuoneilmiötä edistäviin vaikutuksiin tai kaasujen aiheuttamiin paikallisiin haittoihin ja vaaroihin. Ilmassa havaittuja pitoisuuksia voidaan verrata työministeriön asettamiin haitallisiksi tunnistettuihin pitoisuuksiin (HTP-arvoihin)

kuitenkin siten, että kaatopaikan ulkopuolella asutuksen piirissä todettu hajuhaitta tai yli 0,1-HTP-arvo edellyttää jo sinällään kunnostustoimenpiteitä.

Kaatopaikkakaasun keräys on tehostunut ja kaasun hyödyntäminen on lisääntynyt viime aikoina Suomessa.

Taulukko 5. Ohjeellinen kaatopaikan kunnostustarve ilmaan kohdistuvien päästöjen vuoksi.

Kaasun määrä, metaanipitoisuus kaatopaikan pinnassa ja vaikutukset	Kunnostustarve
Määrä alle 10 m ³ /ha/h ja metaanipitoisuus alle 100 ppm	Kunnostustarve vähäinen, biologinen käsittely
Määrä 10–50 m ³ /ha/h ja metaanipitoisuus yli 100 ppm ja polttoaineteho alle 0,5 MW, kasvivaurioita havaittavissa jätepenkereellä, hajuhaittoja ympäristössä, räjähdysvaara	Biologinen käsittely, soihutpoltto, kaasun kulkeutuminen ja kertyminen rakenteisiin estettävä
Määrä yli 50 m ³ /ha/h tai polttoaineteho yli 0,5 MW	Hyötykäyttö tai soihutpoltto, kaasun kulkeutuminen ja kertyminen rakenteisiin estettävä

3.5

Muut tavoitteet

Kaatopaikan käytöstä poistamisella ja jälkihoidolla pyritään välttämään myös muita kuin edellisissä kohdissa tarkasteltuja ympäristöön ja terveyteen kohdistuvia haittatekijöitä. Näitä ovat muun muassa räjähdys- ja palovaara, roskaantuminen sekä eläinten levittämät taudit. Kaatopaikan käytöstä poistamisen tavoitteita on tarkasteltava kokonaisuutena. Vaikka kaikkien suojeltavien tekijöiden suhteen ei olisikaan tarvetta kunnostuksiin, niin tietyn suojelutarpeen ratkaiseminen ei saa synnyttää uutta haittaa tai vaaraa toisten tekijöiden suhteen. Esimerkiksi vesien hallitsemiseksi rakennettava pintakerros voi aiheuttaa räjähdysriskin ja vaarantaa pintarakenteen toimivuuden, ellei siihen yhdistetä myös kaatopaikkakaasun purkauttamiseen ja käsittelyyn tarvittavia rakenteita.

Kaatopaikka-alueen myöhempi käyttö vaikuttaa myös käytöstä poistamisen tavoitteisiin. Kaatopaikka-alueelle voidaan mahdollisuuksien mukaan etsiä hyödyllistä myöhempää käyttöä. Loppukäytön tulee olla sopusoinnussa lähiasutuksen ja ympäristön kanssa. Vastaisuudessa kaatopaikka-alueiden loppukäyttö tulee mahdollisuuksien mukaan suunnitella jo uusia kaatopaikkoja perustettaessa. Loppukäyttö tulee kuitenkin ottaa huomioon viimeistään kaatopaikan perustilaselvityksen ja lopettamissuunnitelman yhteydessä.

Käytöstä poistetuille jätepenkereille ei pidä rakentaa rakennuksia tai laitoksia, koska kunnostettuihinkin jätepenkereisiin liittyy vielä toistaiseksi tunnistamattomia haittatekijöitä. Sen sijaan käytöstä poistettuja kaatopaikkoja on mahdollista käyttää ulkoliikunnan, metsä-, virkistys- sekä varasto- ja liikennealueina. Alueille voidaan

sijoittaa esimerkiksi urheilupalveluja tai tulevaisuuden jätehuollon toimintoja. Jatkokäytön suunnittelussa on aina kuitenkin otettava huomioon mm. jätepenkereiden painuminen, niiden rakenteellinen kantavuus, kaasunhallinta ja perustusten korroosio. Jatkokäytöllä ei saa vaarantaa kunnostuksella saavutettua ympäristönsuojelutavoitetta.

Kaatopaikan kunnostustarpeeseen ja kunnostuksen laajuuteen vaikuttavia asioita ovat:

- kaatopaikasta aiheutuvat ilmeiset ympäristö- ja terveysriskit
- kaavoitus ja maankäytön muutokset sekä tiedossa oleva maaperän pilaantuneisuus tai sen pilaantumismahdollisuus
- pintavesien kuormittuminen tai sen kuormittumismahdollisuus, erityisesti typpi ja myrkylliset aineet
- luokiteltujen pohjavesialueiden pilaantuminen tai pilaantumisriskit tai toisen alueella olevan tai toisen käyttämän pohjaveden laadun ja käyttökelpoisuuden turvaaminen
- kaatopaikkakaasun muodostuminen ja sen hyödyntäminen tai haitattomaksi muuntaminen
- geotekniset olosuhteet ja kunnostustekniikkaan liittyvät rajoitukset, jotka voivat edellyttää erikoisratkaisuja tai vaiheittaista kunnostusta korkeatasoisen lopputuloksen turvaamiseksi
- maisemaan ja muuhun lähiympäristön viihtyisyyteen ja toimintoihin liittyvät arvot
- kaatopaikan sijainti asutuksen läheisyydessä
- kaatopaikka-alueen suunniteltu loppukäyttö on otettava huomioon jo kaatopaikkaa perustettaessa, viimeistään kuitenkin perustilaselvityksessä ja lopettamissuunnitelmassa

3.6

Ympäristö- ja terveysriskinarviointi

Riskinarviointi on prosessi, jossa tunnistetaan tietty haitallisen tapahtuman mahdollisuus (vaara) ja arvioidaan todennäköisyys sille, että kyseinen haitta toteutuu (riski). Tämän jälkeen arvioidaan kohteessa havaittujen riskien hyväksyttävyys. Käytöstä poistettavan kaatopaikan ympäristö- ja terveysriskejä arvioitaessa tavoitteena on selvittää, voiko kohteessa olevista haitallisista aineista aiheutua riski, jota ei voida hyväksyä. Mikäli riski ei ole hyväksyttävä, kohteessa tarvitaan toimia, joilla riskit vähennetään hyväksyttävälle tasolle tai riski ajan myötä vähenee niin, että jälkihoitotoimet voidaan kohtuullisen ajan kuluttua lopettaa kokonaan. Riskinarvioinnin sisältö ja laajuus määräytyy kaatopaikan ja sen lähiympäristön ominaisuuksien perusteella. Haitat, joita eri aineet aiheuttavat ympäristössä, riippuvat aineen ominaisuuksiin liittyvästä vaikutustavasta ja ympäristön altistumisesta aineelle. Haittoja syntyy, jos

ympäristössä on kohde, joka altistuu haitallisille aineille riittävästi. Haitta syntyy vasta kun altistuminen on tarpeeksi voimakasta

Tässä luvussa esitetty riskinarviointiprosessin kuvaus perustuu maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annettuun ohjeeseen (Ympäristöministeriö 2007), jota voi osaksi soveltaa myös kaatopaikan riskinarviointiprosessissa. Siten se koskee ainoastaan haitallisista aineista aiheutuvien ympäristö- ja terveysriskien arviointia, eikä siinä oteta kantaa muihin kaatopaikkoihin liittyviin riskitekijöihin kuten kaatopaikkakaasujen aiheuttamaan räjähdys- ja palovaaraan tai mikrobiologisiin taudinaiheuttajiin. Kaatopaikan tutkimisen ja kunnostustoimenpiteiden aikaisen työturvallisuusriskin ja kunnostustoimenpiteiden ympäristölle aiheuttaman väliaikaisen vaaran arvioinnista kirjoittaa Ahonen ym. (1998). Tietoa saastuneiden maiden riskinarvioinnista saa aiheutta käsittelevästä oppaasta (Sorvari ja Assmuth 1998) ja mm. Suomen ympäristökeskuksen (Suomen ympäristökeskus 2006) ja Yhdysvaltojen ympäristöviraston (U.S. EPA 2008) internet-sivuilta.

Riskinarvioinnin tulosten käsittely ja johtopäätösten teko edellyttää aina arvioinnin luotettavuuden tarkastelua. Arvioinnin luotettavuutta arvioidaan epävarmuustarkastelussa joko laadullisesti (kvalitatiivisesti) tai määrällisesti (kvantitatiivisesti). Epävarmuus aiheutuu arvioinnissa käytetyn tiedon puutteesta ja luonnollisesta vaihtelusta, käytettävien arviointimenetelmien rajoitteista ja arvioinnissa tehdyistä oletuksista. Siksi arvioinnin kaikissa vaiheissa tulee kiinnittää huomiota esimerkiksi näytteiden edustavuuteen ja kattavuuteen sekä laskentamenetelmissä käytettyjen tietojen valintaan.

Riskinarviointimenettely sopii sekä vanhojen, mahdollisesti puutteellisesti käytöstä poistettujen että uudempien, käytöstä poistettavien kaatopaikkojen kunnostustarpeen arviointiin. Sitä ei kuitenkaan pidä käyttää ainoana välineenä kaatopaikkojen pintasuojusrakenteiden mitoittamisessa, vaan tuottamaan tietoa suunnittelun tueksi pyrittäessä täyttämään lainsäädännön ympäristönsuojelulle asettamat vaatimukset.

3.6.1

Tavoitteet

Jotta riskinarviointi onnistuisi, on asetettava selkeät tavoitteet mm. sen suhteen, miten monipuolinen kuva riskeistä tarvitaan ja päättää halutaanko laadullista, määrällistä vai todettua tietoa. Pitää myös päättää arvioinnin rajauksista kuten ajallisesta tai alueellisesta ulottuvuudesta. Riskinarvioinnin tavoitteenasetteluun ja riskin hyväksyttävyydestä päättämiseen vaikuttavat aina kohteen ympäristönsuojelulta edellytettävä taso ja sen pitkän aikavälin tavoitteet, jotka määräytyvät ensisijaisesti lainsäädännön perusteella. Riskinarvioinnin näkökulmasta käytöstä poistettava kaatopaikka tulee nähdä ensisijaisesti haitta-aineiden mahdollisena lähteenä, joka voi aiheuttaa riskin muun ympäristön pilaantumiselle. Kaatopaikkojen riskinarvioinnin ja riskinhallinnan toteutuksessa on siten otettava huomioon niin maaperän, pohjaveden, vesistöjen kuin ilmankin suojelua koskevat sektorikohtaiset säädökset (ks. luvut 3.1–3.5).

Käytännössä riskinarvioinnin lähtökohtana on tavallisesti joko kaatopaikan kunnostustarpeen selvittäminen tai sellaisten kunnostustavoitteiden määrittäminen, joilla riskit saadaan hyväksyttävälle tasolle. Siten riskinarviointi ohjaa myös kunnostusmenetelmien valintaa. Toisaalta arviointi voi koskea myös jo kunnostetun kaatopaikan aiheuttamaa riskiä (jäännösriski). Usein tavoitteenasettelua joudutaan täsmentämään riskinarvioinnin edetessä. Riskinarvioinnissa käytettävät menetelmät valitaan aina tapauskohtaisesti arvioinnille asetettuja tavoitteita seuraten.

3.6.2

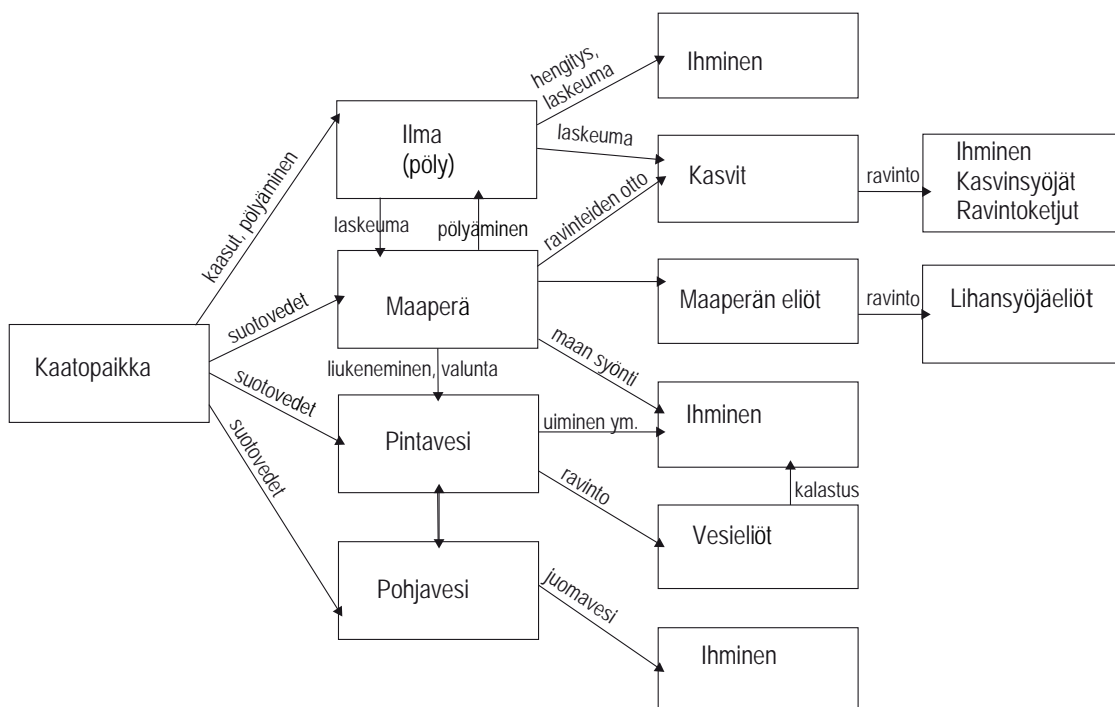
Riskin alustava arviointi

Ympäristö- ja terveysriskinarvioinnissa on usein tarkoituksenmukaista käyttää vaihteittain tarkentuvaa toimintamallia. Riskinarviointi aloitetaan vaaran tunnistamisella ja tarkasteltavan kohteen kuvauksella. Tässä esitetään perustiedot kohteessa esiintyvistä haitta-aineista ja niistä kohteen ominaispiirteistä, jotka voivat vaikuttaa aineista aiheutuviin riskeihin. Tällaisia ovat mm. kohteessa esiintyvien haitta-aineiden ominaisuudet kuten hidas hajoaminen ja kertyvyys (PCDD- ja PCDF-yhdisteet), kulkeutuvuus (esim. vinyylikloridi) ja myrkyllisyys, eliöiden ja ihmisten altistuminen haitta-aineille ja altistumisen seurauksena aiheutuvat vaikutukset. Samoin on huomioitava haitta-aineiden pitoisuudet, sijainti ja kokonaismäärät alueen eri osissa, alueen maaperä-, pohjavesi- ja pintavesiolosuhteet, haitallisten aineiden kulkeutumisesta vaikuttavat tekijät alueella ja sen ulkopuolella sekä alueen ja sen lähiympäristön maankäyttö ja ajan myötä tapahtuvat muutokset eri tekijöissä.

Tarvittavat tiedot hankitaan kohteessa tehtävillä tutkimuksilla sekä kokoamalla tietoa kirjallisuudesta ja kohteesta valmiina olevista aineistoista (kartat, maankäyttö- ja kaavatiedot, maaperä-, kallioperä-, pohjavesi- ja vesistötiedot, tutkimusraportit, jne.). Kaatopaikkojen osalta on tärkeää koota myös saatavilla olevat tiedot kaatopaikan käyttöhistoriasta kuten kohteeseen tuotujen jätteiden laadusta, kokonaismääristä ja kerrospaksuuksista eri aikakausina.

Vertaamalla mitattuja pitoisuuksia ohjearvoihin tai muihin viitearvoihin voidaan tunnistaa kohteessa riskien kannalta olennaiset haitalliset aineet (kriittiset aineet) ja alustavasti arvioida niistä aiheutuvia riskejä. Maaperän ohjearvojen perustana ovat määritellyille standardikohdetyypeille (asutus ja teollisuus) tehdyt laskennalliset riskinarvioinnit (terveysriskit ja ekologiset riskit), jotka eivät kuitenkaan ota huomioon aineiden pohjaveteen tai alueen ulkopuolelle (esim. vesistöt) kulkeutumisesta aiheutuvaa riskiä (Reinikainen 2007). Kaatopaikan riskinarviointiin liittyvässä kriittisten aineiden tunnistamisessa maaperän ohjearvoja tulee siten soveltaa harkiten. Pohjaveteen kohdistuvien riskien tunnistamisessa voi sen sijaan käyttää maaperän kynnysarvoja, joiden asettamisessa vaikutukset pohjaveden laatuun on yleisellä tasolla otettu huomioon. Lisäksi PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) liitteessä on merkitty erikseen p-kirjaimella ne aineet, joiden osalta pohjaveden pilaantumisriski voi olla merkittävä jo alemmaa ohjearvoa pienemmissä maaperän pitoisuuksissa.

Kohdetietojen perusteella muodostetaan ns. käsitteellinen malli, joka on kuvaus haitta-aineiden esiintymisestä kaatopaikalla, aineiden mahdollisista kulkeutumisreiteistä ympäristön eri osiin sekä niille mahdollisesti altistuvista kohteista. Käsitteellistä mallia voidaan havainnollistaa graafisesti (kuva 2). Käsitteellinen malli voi tarkastelun alkuvaiheessa olla yleisluontoinen ja sitä voidaan tarkentaa jälkeenpäin sitä mukaan, kun arviointiin tarvitaan yksityiskohtaisempia tietoja.



Kuva 2. Esimerkki yleisestä käsitteellisestä mallista (mukaeltu: Mroueh ym. 2005)

Käsitteellistä mallia muodostettaessa otetaan huomioon haitta-aineiden kulkeutumiseen vaikuttavat ominaisuudet, esiintymisen laajuus, jakautuminen ja sijainti. Veteen liukenevat aineet voivat päätyä kaatopaikan läpi imeytyvän sadeveden mukana maaperään ja pohjaveteen. Pintamaassa jätteisiin tai maapartikkeleihin sitoutuneet aineet saattavat levitä maasta irtoavan pölyn mukana ilmaan tai huuhtoutua valumavesiin ja kulkeutua niiden mukana vesistöihin. Huokosilmaan haihtuvat aineet voivat puolestaan kulkeutua ilmakehään tai alueella oleviin rakennuksiin. Tietyt nestemäiset kemikaalit (esim. liuottimet ja öljy) saattavat esiintyä ja kulkeutua kaatopaikalla ja sen maaperässä myös erillisfaaseina. Tyypillisesti haitta-aineet esiintyvät kaatopaikoilla epätasaisesti jakautuneina, mikä tulee ottaa huomioon jo kohdetutkimusten suunnittelussa ja toteutuksessa.

Kaatopaikan jätejakeiden ja maakerrosten ominaisuudet (mm. pH, orgaanisen hiilen ja hienoaineksen määrä, vedenläpäisevyys sekä maakerrospaksuus ja -järjestys) vaikuttavat myös haitta-aineiden käyttäytymiseen maaperässä. Ne ohjaavat mm. aineiden kulkeutumista ja hajoamista ja vaikuttavat siten niistä aiheutuviin riskeihin. Maaperäolosuhteet voivat vaihdella pienelläkin alueella etenkin syvyys-suunnassa. Jätetäytöissä aineiden kulkeutumisominaisuuksiin vaikuttavat tekijät ovat usein hyvin monimutkaisia ja vaikeasti määriteltäviä, mikä vaikeuttaa arviointia. Kaatopaikka- ja valumavesien määrään vaikuttavat mm. kaatopaikan pintamaan kaltevuus ja laatu, pinnan peitto (esim. kasvillisuus), sadevesien viemärointi ja alueen läpi kulkevat ojat.

Lopetetun kaatopaikan ja sen lähiympäristön maankäyttö määrittelee haitta-aineille todennäköisimmin altistuvat ihmisryhmät ja eliöt. Arvioinnissa tulee ottaa huomioon myös sellaiset kaatopaikan lähiympäristössä olevat erityistoiminnot, jotka voivat oleellisesti vaikuttaa riskien muodostumiseen. Tällaisia ovat esim. päiväkodit ja elintarvikkeiden tuotantoalueet sekä erityistä suojelua vaativat alueet kuten pohjavesi- ja luonnonsuojelualueet.

3.6.3

Riskin tarkennettu arviointi

Mikäli riskien alustavan arvioinnin perusteella ei saada riittävän tarkkaa käsitystä riskeistä ja toimenpidetarpeista, arviointia tarkennetaan. Tarkennetussa riskinarvioinnissa käytetään tyypillisesti kvantitatiivisia eli erilaisiin määrittelyihin ja laskelmiin perustuvia menetelmiä sekä useiden eri menetelmien yhdistelmiä. Tällöin tarvitaan myös usein lisää kohdekohtaista tietoa esim. haitta-aineiden kulkeutumiseen pitkällä aikavälillä vaikuttavista tekijöistä. Myös tarkennettu arviointi tehdään tavallisesti vaiheittain käyttämällä aluksi suhteellisen yksinkertaisia ja helposti toteutettavia menetelmiä. Yksityiskohtaisempiin sekä enemmän lähtötietoja ja resursseja vaativiin menetelmiin siirrytään vasta, kun nämä todetaan tarpeellisiksi.

Tarkennetussa riskinarvioinnissa käytetään tyypillisesti erilaisia ympäristömitauksia ja -tutkimuksia, joilla selvitetään mm. kaatopaikan vesisuhteita, pohjamaan geoteknisiä ominaisuuksia, pohja-, pinta- ja kaatopaikkavesien laatua sekä haitta-aineiden liukoisuutta. Mahdollisia ekologisia vaikutuksia voidaan arvioida esimerkiksi kaatopaikkavesien myrkyllisyystutkimuksilla. Kaatopaikan tilan tutkimuksista on kerrottu tarkemmin luvussa 4.

Kaikkia riskeihin vaikuttavia tekijöitä kuten kaatopaikkakaasun muodostumista, haitta-aineiden kulkeutumista ja ihmisten altistumista pitkän ajan kuluessa on yleensä mahdoton mitata. Siksi riskinarvioinnissa käytetään usein apuna matemaattisia laskentamalleja, joilla tarkasteltavia ilmiöitä pyritään ennustamaan ja kuvaamaan. Matemaattiset mallit voivat olla riskinarviointiin erikseen kehitettyjä ohjelmistoja, teoreettisia tai kokemusperäiseen tietoon perustuvia laskentayhtälöitä tai tilastollisen aineiston käsittelyyn tarkoitettuja laskentatyökaluja. Laskentamallien ominaisuudet

ja lähtötietojen tarve vaihtelevat huomattavasti. Siksi mallien käyttö edellyttää, että arvioinnin tekijä tuntee riittävän hyvin niiden teoreettisen perustan ja osaa arvioida, soveltuvatko ne tarkasteltavien ilmiöiden kuvaamiseen kyseisessä kohteessa.

Epävarmuustarkastelussa pyritään tunnistamaan epävarmuuden ja vaihtelun merkittävimmät lähteet ja arvioimaan näiden vaikutus saatuihin tuloksiin. Epävarmuustarkastelun perusteella voidaan myös tunnistaa mahdollinen tarve arvioinnin tarkentamiseen tai lisätutkimuksiin. Riskinarviointimallien avulla pyritään systemaattisesti käsittelemään arviointiin liittyvää tietoa. Riskinarvioinnissa on kyse todellisen tilanteen yksinkertaistamisesta. Havaintoaineisto, laskentaan valitut parametrit sekä mallien laskentaperiaatteisiin liittyvät oletukset vaikuttavat mallin antamien tulosten epävarmuuteen. Epävarmuuden tärkeimmät lähteet on tunnistettava ja niitä on pyrittävä vähentämään. Näytteiden edustavuus, lähtötietojen kattavuus ja mallin soveltuvuus on otettava huomioon, ja eri tekijöiden vaihtelun vaikutusta saatuihin tuloksiin on tarkasteltava. Lisäksi on muistettava, että erilaisten perusoletusten takia eri mallien antamat tulokset poikkeavat usein toisistaan. (Mallien vertailua esim. Rossi 1999.)

Riskin kuvaus (karakterisointi) on arviointiprosessin viimeinen vaihe, jossa esitetään arvio riskien luonteesta, suuruudesta ja hyväksyttävyydestä. Arvioinnin lähtökohdasta riippuen riskit kuvataan joko nykytilanteessa ennen kunnostustoimenpiteitä (kunnostustarpeen arviointi) taikka suunniteltujen tai toteutettujen kunnostustoimenpiteiden jälkeen (kunnostustavoitteiden asettaminen / jäännösriskin arviointi). Riskin kuvaus perustuu arvioinnin aikaisemmissa vaiheissa tehtyihin selvityksiin ja määrittäisiin. Sen johtopäätöksenä esitetään perusteltu arvio riskin merkittävyydestä ja arviointiin liittyvästä epävarmuudesta sekä mahdollisista toimenpidetarpeista.

3.6.4

Riskinarvioinnin hyödyntäminen

Riskinarviointi on aina dokumentoitava kattavasti, jotta arviointia ja sen tuloksia voidaan hyödyntää kaatopaikan lopettamisvaiheessa ja myös tulevaisuudessa. Arvioinnin tavoitteet, rajaukset ja itse menettely kuvataan läpinäkyvästi ja arvioinnin aikana tehdyt valinnat ja johtopäätökset perustellaan. Myös arviointiin liittyvä epävarmuus tulee aina kuvata.

Hyvä riskinarvio tuottaa paitsi arvion riskistä tai kunnostustavoitteesta myös tietoa tarkoituksenmukaisten riskinhallintaratkaisujen toteuttamiseen. Riskinhallinta voidaan toteuttaa haitallisia aineita poistamalla, niiden kulkeutumista vähentämällä tai rajoittamalla niille altistumista esim. maankäytön suunnittelulla. Käytännössä ympäristöviranomaisen määrittää ilmoitus- tai ympäristölupapäätöksessä, mikä on kohteessa hyväksyttävä riski ja millaiset vähimmäistavoitteet alueen puhdistamiselle asetetaan. Viranomaisen on siten otettava kantaa myös tehdyn riskinarvion riittävyteen ja oikeellisuuteen.

Riskinhallinnan suunnitteluun ja puhdistustavoitteiden asettamiseen voi toisaalta liittyä myös näkökohtia, joita ympäristö- ja terveysriskinarvioinnilla ei voi yksiselitteisesti selvittää. Tällaisia ovat esimerkiksi:

- lainsäädännössä määritellyt periaatteet ja tavoitteet (esim. puhdistusvastuu)
- käyttökelpoisen tekniikan saatavuus ja kustannukset
- ihmisten arvostukseen ja pelkoihin liittyvät tekijät (esteettiset ja psykologiset riskit)

Lisäksi on otettava huomioon, että aktiivisten riskinhallintatoimenpiteiden jälkeenkin alueelle saattaa jäädä rajoituksia, jotka voivat aiheuttaa mm. ympäristön seurantavelvoitteita tai velvoitteita kiinteistön luovutustilanteissa.

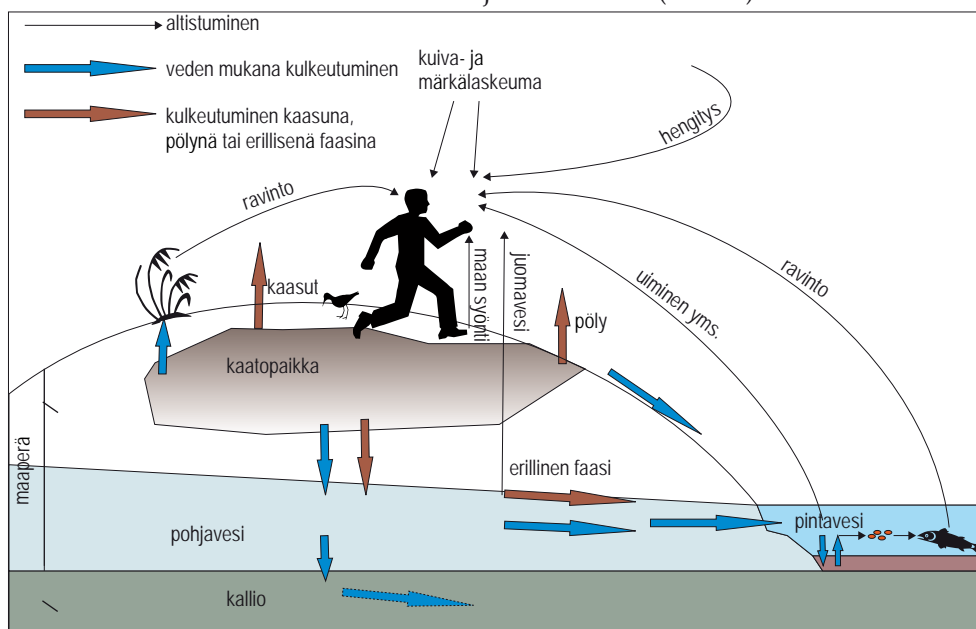
4 Kaatopaikan tilan tutkimukset

Kaatopaikan tilan tutkimukset on toteutettava siten, että niiden perusteella voidaan laatia tarpeelliset kunnostussuunnitelmat ja tuloksia voidaan käyttää arvioitaessa kaatopaikan jälkihoidon onnistumista. Kaatopaikan ja sen jälkihoidon valvontaa ja tarkkailua on käsitelty VNp:n (861/1997) liitteessä 3. (Päätös liitteeseen löytyy tämän julkaisun liitteestä 1.)

4.1

Perustilaselvitys

Valtioneuvoston päätöksen (861/1997) liitteen 3 mukaan ennen “kaatopaikan käytöstä poistamista on tehtävä alueen pinta- ja pohjavesiä sekä käytössä olevan kaatopaikan jätetäytön hajoamistilaa ja kaasunmuodostusta koskeva perustilaselvitys, johon tarkkailun tuloksia voidaan myöhemmin verrata”. Kaatopaikan tilan selvittämiseksi käytetään yleisimmin vaihteittain toteutettavia ja tarkentuvia kenttätutkimuksia. Alustavissa tutkimuksissa tarkistetaan päästöjen muodostumis- ja levinneisyysarvioita muutamilla tutkimuspisteillä. Sen jälkeen laaditaan varsinainen tutkimussuunnitelma. Vaativimmissa tapauksissa voidaan joutua käyttämään myös päästöjen kulkeutumisen mallintamista. Kaatopaikan tila tutkitaan kokonaisvaltaisesti siten, että kaikki haitta-aineiden kulkeutumis- ja altistusreitit (kuva 3) otetaan huomioon.



Kuva 3. Kaatopaikan haitta-aineiden kulkeutumis- ja altistusreitit (mukaeltu: Penttinen ja Kauppi-la 2001; Ympäristöministeriö 2007)

Historia- ja taustatiedot

Tiedot kaatopaikan käyttöhistoriasta ovat tarpeen kaatopaikan ympäristökuormituksen ja kunnostustarpeen arvioimiseksi sekä kunnostusratkaisujen suunnittelemiseksi. Tietoa tarvitaan muun muassa seuraavista tekijöistä:

Luvitus- ja valvontatiedot

- ympäristölupa, sijoituspaikkalupa, vesilain mukainen lupa, jätehuoltosuunnitelmaa koskeva päätös, ns. ennakoilmoituslausunto ja niiden käsittelyyn liittyneet suunnitelma- ja hakemus- ym. asiakirjat
- kaatopaikan aiheuttamaa kuormitusta ja vesistöön kohdistuvia vaikutuksia koskevat valvonta- ja tarkkailutiedot
- valvontakäyntien ja valvontatoimenpiteiden asiakirjat
- kaatopaikalla mahdollisesti tehdyt lisätutkimukset ja niiden tulokset
- vuosiraportit ja tarkkailutulokset kaatopaikan aiheuttamasta kuormituksesta ja vaikutuksesta ympäristöön
- kaatopaikalla pidetty muu kirjanpito

Tiedot kaatopaikalla olevista jätteistä

- jätepenkereelle sijoitetun jätteen laatu, määrä ja käsittelytapa
- ongelmajätteet ja muut vaaralliset jätteet sekä niiden käsittely ja sijainti
- metaanikäymiseen vaikuttavat jätteet
- muiden jätelajien sijoittaminen kaatopaikalle, erityisesti
 - lietteet
 - asbesti
 - meesa
 - tuhka
 - ylijäämämaat
 - louhe

Tiedot kaatopaikan rakenteista, erityisesti

- pohja- ja pintamateriaalit ja -rakenteet
- välipeittomateriaalit
- tie- ja pengerrakenteet
- kaatopaikan vesien keräilyn ja hallinnan rakenteet
 - ojitukset
 - vesien käsittely ja johtaminen
- kaatopaikkakaasun keräily ja hallinta
 - keräilyjärjestelmä
 - käsittely

Muut tärkeät tiedot, erityisesti

- tuhoeläimet ja niiden torjunta
- kaatopaikkapalot
- muut kuin vesistöön kohdistuvat ympäristövaikutukset
- sortumat ja korjaustoimet
- jo suoritettut parannus- ja kunnostustoimet

4.3

Kenttätutkimukset

4.3.1

Yleistä

Kaatopaikkojen käytöstä poistamiseen liittyvät kenttätutkimukset on edullista tehdä useassa vaiheessa. Siten tutkimuksien kohdistamista voidaan parantaa asteittain, sekä minimoida tutkimukset ja analyysit alueilta, joilta ei löydetä haitallisia aineita. Ennen varsinaisia maaperätutkimuksia suoritetaan alueen karkea karakterisointi. Sillä arvioidaan kaatopaikan pohjan tiiviys, maakerrokset/vedenjohtavuudet sekä pohja- ja pintavesien virtaussuunnat. Arvioinnin lähtöaineistona käytetään olemassa olevaa suunnitelma- ja kartta-aineistoa. Tässä yhteydessä on selvitettävä sellaiset maaperän tiiviit kerrokset, joiden vaurioitumisriski saattaa estää joidenkin tutkimusmenetelmien käytön. Arvioinnin perusteella voidaan laatia vaiheittainen kenttätutkimussuunnitelma.

4.3.2

Karttojen käyttö

Maaperätutkimusten tiedot on sijoitettava tarkalle karttapohjalle, joka sisältää myös yksityiskohtaiset tiedot maanpinnan muodoista. Pinnanmuotojen avulla voidaan selvittää pintavesien kulkeutumisreitit. Kaatopaikat sijaitsevat usein syrjäisillä alueille, joilta ei ole valmiina saatavissa tarkkoja karttoja. Peruskarttojen mittakaava on liian pieni kenttätutkimuksien pohjakartaksi. Kartoitus tehdään nykyisin pääosin takymetreillä, DGPS-satelliittipaikantimilla tai fotogrammetrisesti ilmakuvista.

Suomessa on kattava ilmakuva-aineisto useiden vuosikymmenien ajalta. Sen avulla voidaan laatia ilmakuva-aikasarja ja selvittää luotettavasti kunkin kaatopaikan käyttöä eri aikoina. Fotogrammetrisellä stereokartoituksella saadaan kolmiulotteista tietoa ja näin ollen voidaan myös vanhemmasta aineistosta tuottaa esimerkiksi maanpintatietoja täyttöö edeltäneeltä ajalta ja laskea penkereen tilavuuksia. Saatavissa olevien käyttökelpoisten ilmakuvien mittakaavat vaihtelevat yleensä 1:16 000:sta noin 1:30 000:een.

Ilmakuvia voidaan käyttää karttoina myös suoraan siten, että ne asemoidaan tunnettujen maastopisteiden avulla kartta-aineistoon. Ilmakuvista voidaan tuottaa myös kuvausvääristymistä korjatut ortoilmakuvat. Korjaus ei yleensä ole välttämätöntä, koska tarkastellaan varsin pientä aluetta, jolloin mittavirheet ovat merkityksettömän pienet. Ilmakuvien tehokas käyttö edellyttää niiden digitaalista käsittelyä, jolloin ne ensiksi skannataan digitaaliseen muotoon ilmakuvaskannerilla. Ilmakuvaskannerit pystyvät noin 10 mikrometrin erottelukykyyn, jolloin esimerkiksi yleisestä 1:16 000 peruskartoitusilmakuvasta saatava piste vastaa 16 senttimetriä maastossa.

4.3.3

Pohjamaan ominaisuuksien selvittäminen

Selvitettäessä kaatopaikan pohjamaan ominaisuuksia laaditaan tutkimusohjelma paikallisten olosuhteiden mukaisesti. Tutkimusohjelmaa suunniteltaessa käytetään hyväksi vanhoja pohjatutkimuksia sekä rakennusgeologisia tietoja kuten maaperäkartoja ja yleisgeologiaa. Käytettävissä oleva kalusto sekä maaperäolosuhteet voivat rajoittaa tutkimusmahdollisuuksia. Maakerrokset joudutaan usein selvittämään kaatopaikkapenkereen ympäriltä, jossa voi olla kasvillisuuden tai kantavuuden suhteen vaikeasti kuljettavaa maastoa. Maaperätutkimusten kaksi pääryhmää ovat geofysikaaliset menetelmät ja kairaukset. Suositeltavinta on tehdä aluksi geofysikaaliset tutkimukset. Niiden perusteella laaditaan kairaussuunnitelma siten, että kairauksilla saadaan sellaista yksityiskohtaista tietoa, jolla voidaan tarkentaa ja varmistaa geofysikaalisen tutkimuksen tulokset.

Tutkimuksilla selvitetään tarkat maaperäolosuhteet mukaan lukien kerrosrakenne ja kalliotopografia, joiden perusteella optimoidaan näytteenotto. Lisäksi selvitetään pohjaveden pinnan tason vaihtelu sekä virtaussuunnat. Tunnettujen maaperäolosuhteiden avulla voidaan päätellä todennäköiset haitallisten aineiden kulkeutumisreitit. Maaperäolosuhteet ovat Suomessa yleensä niin vaihtelevia, että tilastolliset menetelmät eivät auta ongelmapisteen löytämisessä. Kulkeutumis- ja riskinarviointia varten joudutaan selvittämään myös maaperän vedenjohtavuusominaisuudet.

Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät

Geofysikaalisten menetelmien avulla voidaan etsiä sekä maakerrosrajoja että haitallisten aineiden levinneisyyttä maaperässä. Maaperän kerrosrakenteen selvittämisessä yleisimmät Suomessa käytettävät menetelmät ovat maatulka, seismiset luotaukset ja painovoimamittaukset. Seismiset tutkimukset ja painovoimamittaukset soveltuvat parhaiten suurien alueiden tutkimuksiin, joilla hankitaan yleiskuvaa alueesta. Geofysikaalisille menetelmille on ominaista tuloksin suuri merkitys lopputulokseen ja sijaintitarkkuuden heikko erottelukyky verrattuna kairausten avulla saataviin tuloksiin.

Maatulkaluotauksen avulla saadaan jatkuvaa yksityiskohtaisempaa maaperätietoa, joka tulostuu laitteesta sen kuljetusnopeuden funktiona. Maatulkaluotausta haittaavat maaperän sähkönjohtavuutta nostavat tekijät. Savi ja hienoaainespitoiset

maalajit vaimentavat tutkan signaalia siten, ettei menetelmä sovellu niiden tutkimiseen. Yleisenä ongelmana on maatutkaluotausten tulosten käytön vaikeus suunnitteluaineistona. Pääsyyinä tähän on tutkimustiedon paikantamisen puutteellisuus. Maatutkatyöskentelyltä tulisikin aina edellyttää jatkuvaa paikantamista, joka voidaan tehdä joko GPS- tai takymetritekniikalla. Kaatopaikat ovat yleensä suhteellisen alueita alueita, joilla GPS:n käyttöä rajoittava peitteellisyys ei ole ongelma.

Haitallisten aineiden geofysikaaliset leviämistutkimukset perustuvat lähinnä kaatopaikalta kulkeutuneiden suolojen aiheuttaman sähkönjohtavuuden muutoksien mittaamiseen maaperässä. Mittaustulosten avulla voidaan sijoittaa pohjaveden havaintoputkia siten, että niistä otettavilla näytteillä voidaan luotettavasti arvioida kaatopaikkapenkereestä pohjaveden mukana kulkeutuvia haitta-aineita.

Geofysikaalisten menetelmien käytettävyydessä on suuri joukko reunaehtoja, jotka tulee selvittää ennen tutkimusten tilaamista. On arvioitava, onko kyseisissä olosuhteissa saavutettavissa käyttökelpoisia tuloksia. Maakerroksia määriteltäessä on geofysikaaliset tutkimukset aina sidottava kairauksiin sekä näytetutkimuksiin oikean tulkinnan varmistamiseksi. Tutkimustuloksia, joita ei ole varmistettu kairauksin, ei saa käyttää suunnittelun pohjana. Varmistetut geofysikaalisten mittausten tulokset esitetään digitaalisesti samassa tiedostossa kairausten kanssa.

Kairaukset

Kairausten avulla voidaan hankkia erilaista maaperätietoa. Kerrosrakenteen lisäksi voidaan tarvita tietoja myös maaperän vakavuudesta ja painumaominaisuuksista. Niitä tarvitaan mm. pintarakenteiden ja luiskien mitoituksessa.

Kaatopaikkapenkereen läpi tehtäviä kairauksia vaikeuttavat erilaiset kovat kapaleet kuten kivet ja metalliromut. Näin ollen käyttökelpoinen tutkimusmenetelmä rajoittuu porakonekairaukseen. Pääasiallisesti porakonekairausta on käytetty kallio-oppinnan määrittämiseen. Maakerrostiedon hankkiminen porakonekairausten avulla perustuu kairaajien suorittamaan aistinvaraiseen huuhteluveden mukana tulevan maa-aineksen seurantaan. Mikäli kalusto on instrumentoitu ja varustettu jatkuvala kairausparametrien (syvyys, etenemisnopeus, puristusvoima, vääntömomentti, huuhteluveden määrä ja paine) tallentimella, voidaan saatujen tietojen avulla arvioida kerrosten ominaisuuksia. Porakonekairauksen yhteydessä voidaan asentaa pohjavesiputkia sekä ottaa maanäytteitä. Lisäksi voidaan ottaa näytteitä kallion pinnasta.

Selvitettäessä maakerroksia kaatopaikkapenkereen ympäriltä kairausmenetelmän valinnan perusteena on maalajien läpäistävyys. Yleisimmin käytetty perusmenetelmä on painokairaus. Sitä voidaan käyttää pehmeissä ja suhteellisen helposti läpäistävissä maalajeissa, joissa ei ole paksuja tiiviitä maakerroksia. Puristin-heijarikairausta voidaan käyttää kaatopaikkapenkereen ulkopuolella silloin, kun maaperässä on tiiviitä maakerroksia, joihin keveämmillä kairausmenetelmillä ei pystytä tunkeutumaan. Pehmeissä maalajeissa voidaan käyttää myös puristinkairausta (Cone Penetration Test). Siipikairausta käytetään hienorakeisten maakerrosten leikkauslujuuden määrittämiseen. Tietoa tarvitaan kaatopaikkapenkereen mitoittamisessa huonosti kantavilla mailla.

4.3.4

Kaatopaikkapenkereen ominaisuuksien selvittäminen

Kaatopaikan käytöstä poistamisessa on tärkeää tuntee penkereen vesisuhteet. On tiedettävä, ulottuuko kaatopaikkapenger pohjavesivyöhykkeeseen siten, että pohjavesi voi kulkea penkereen läpi, vai onko kyseessä vain penkereen läpi kulkenut sadevesi. On myös selvitettävä, pääsevätkö ulkopuoliset pintavedet kaatopaikkapenkereeseen. Jos pohjavedet pääsevät kaatopaikkapenkereeseen, joudutaan selvittämään pystysuuntaisten eristeiden rakentamista penkereen ympärille. Pystyeristerakenteiden toteuttamisen kannalta kriittisin asia on tiivisteen alareunan liittäminen tiiviiseen maakerrokseen. Pystyeristerakenteen linjalla kairausväli ei saa olla yli 10 metriä.

Pintaeristeiden suunnittelemista varten on selvitettävä penkereen painumisominaisuudet ottaen huomioon eristysrakenteiden aiheuttama lisäkuormitus. Näin rakenteet voidaan suunnitella kestämaan muodonmuutokset sekä säilyttämään suunnitellut pinnan kaltevuudet sadevesien pois johtamiseksi. Painumien seuranta varten on kaatopaikkapenkereeseen asennettava mahdollisimman aikaisessa vaiheessa riittävä määrä painumalevyjä, joiden pienin suositeltava koko on 0,5 m · 0,5 m. Levyt tulee asentaa vähintään kahteen ristissä olevaan linjaan. Painumalevyjen avulla voidaan arvioida milloin kokonaispainumat ja suhteelliset painumat ovat hidastuneet riittävästi, jotta ne eivät vahingoita pintarakennetta. Erityisesti tiivistekerroksen tiiveys saattaa kärsiä epätasaisten painumien aiheuttamista vetojännityksistä. Tarkastelussa on arvioitava erikseen maapohjan ja varsinaisen jätepenkereen painumat. Jos työn aikataulu sallii, voidaan painumista jouduttaa ennen tiivistekerroksen rakentamista väliaikaisella kuormituksella ja kaatopaikan sisäisen vesipinnan laskulla. Käytettäessä tiivistettäviä eristerakenteita on selvitettävä rakennuspohjan kantavuuden riittävyys, jotta eristerakenteen tiivistystyö on mahdollista suorittaa. Luiskarakenteiden osalta on selvitettävä luiskien vakavuus siten, että niillä on riittävä työnaikainen sekä pitkäaikainen kestävyys.

4.3.5

Näytteenotto

Suomen Geoteknillinen yhdistys on julkaissut ympäristögeoteknisten näytteiden ottoa koskevan oppaan, joka on tarkoitettu noudatettavaksi tutkittaessa saastuneita tai sellaisiksi epäiltyjä maa-alueita (Leppänen 2002). Myös kaatopaikkojen käytöstä poistamiseen liittyvä maaperänäytteenotto on tarkoituksenmukaista tehdä sen mukaisesti. Näytteenotosta on myös olemassa mm. seuraavat kansainväliset standardit:

- ISO 11074-2:1998 Soil quality - Vocabulary - Part 2: Terms and definitions relating to sampling
- ISO 10381-1:2002 Soil quality - Sampling - Part 1: Guidance on design of sampling programmes

- ISO 10381-2:2002 Soil quality - Sampling - Part 2: Guidance on sampling techniques
- ISO 10381-3:2001 Soil quality - Sampling - Part 3: Guidance on safety
- ISO 10381-4:2003 Soil quality - Sampling - Part 4: Guidance on procedure for investigation of natural, near natural and cultivated sites
- ISO 10381-6:1993 Soil quality - Sampling - Part 6: Guidance on the collection, handling and storage of soil for the assessment of aerobic microbial processes in the laboratory

(Lisätietoa standardeista ja niiden valmistelusta mm.: Suomen ympäristökeskus 2008).

Näytteenoton suunnittelun pohjana ovat pääosin kaatopaikan hydrogeologiset olosuhteet ja mahdollisesti tiedossa oleva kaatopaikan käyttöhistoria. Näytteenotto on tutkimusten kannalta erittäin tärkeä vaihe. Näytteenottajan tulee ensisijaisesti olla sertifioitu tai hänen tulee toimia sertifioitun näytteenottajan valvonnassa. Näytteenotossa on erityisesti huomioitava, ettei näyte pääse kontaminoitumaan näytteenoton yhteydessä esimerkiksi likaisesta tutkimuskalustosta ja että näytteet pakataan sekä säilytetään oikein. Tärkeä osa näytteenoton laadunvarmistusta on myös vertailunäytteiden käyttö.

Koekuoppien tekeminen on edullinen ja varma tutkimusmenetelmä. Sen rajoituksena on kuitenkin kaivussyvyys. Koekuoppien yhteydessä on kiinnitettävä erityistä huomiota työturvallisuusasioihin, joihin kuuluvat kaivannon vakavuus ja kaivannon pohjalle mahdollisesti kertyvät vaaralliset kaasut. Kaatopaikkapenkereen ympärillä koheesiomaakerroksissa voidaan käyttää kevyttä näytteenottokalustoa.

Kaatopaikalla otetaan näytteitä huokoskaasusta, vedestä ja maa-aineksesta sen mukaan minkä tyyppisiä aineita kaatopaikkapenkereessä tiedetään olevan. Pääasiallinen tutkimustapa on pohjavesinäytteiden analysointi, koska maanäytteiden avulla on vaikea osua saastelähteisiin. Kaatopaikkapenkere on kunnostusvaiheessa yleensä ollut paikallaan niin kauan, että siihen mahdollisesti tuodut helposti haihtuvat yhdisteet ovat jo poistuneet eikä niitä kannata etsiä ilman erityistä syytä. Kaatopaikkakaasut koostuvat siten pääasiallisesti orgaanisen aineksen hajoamistuotteista. Niiden tutkiminen on tarpeellista lähinnä kaasunkeräysjärjestelmän mitoittamista varten.

Sekä kaasu- että vesinäytteiden ottamista varten asennetaan kaatopaikkapenkereeseen vähintään kolme näytteenottoputkea. Putket rakennetaan samoin kuin seuraavassa kappaleessa esitetyt pohjaveden havaintoputket. Niiden siiviläosien on kuitenkin ulotuttava kovasta pohjasta aina metrin päähän kaatopaikkapenkereen pinnasta, jotta putkien avulla voidaan tutkia myös kaasunmuodostusta. Putket on sijoitettava siten, että ne muodostavat kolmioverkon, jonka avulla voidaan arvioida kaatopaikkaveden käyttäytymistä. Yksi havaintoputkista tulee pyrkiä sijoittamaan kovan pohjan syvimpään pisteeseen.

Osa maaperän geoteknisistä ominaisuuksista tutkitaan häiriintymättömistä maanäytteistä. Maanäytteistä selvitetään maan indeksiominaisuudet sekä tarpeen mukaan lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet.

Pohjavesiputket

Pohjavesiputkista otettujen näytteiden avulla voidaan arvioida kaatopaikkapenke-reestä veteen liuenneiden aineiden määrää. Pohjavesiputket tulee asentaa hydrogeolo-gisten olosuhteiden perusteella siten, että niillä saadaan luotettava kuva pohjavesiti-lanteesta. Havaintoputket on sijoitettava päävirtaussuunnassa siten, että tulosuunnan puhtaalla puolella on ainakin yksi putki ja kaatopaikkavesien poistumispuolella useampi putki, joista voidaan tarkkailla haitta-aineiden pitoisuuksien vaihteluita suhteessa puhtaaseen pohjaveteen ja voidaan arvioida myös laimenemisen ja hajo-amisen vaikutuksia. Pohjavesiputkien avulla seurataan myös käytöstä poistamisen toimenpiteiden onnistumista sekä rakenteiden pitkäaikaistoimivuutta.

Pohjavesiputkina käytetään sisähalkaisijaltaan vähintään 50 mm muoviputkia, jotta kaikki yleisimmin käytettävät näytteenottimet mahtuvat putkeen. Muoviput-kia ei voi kuitenkaan käyttää tiettyjen orgaanisten haitta-aineiden kuten ftalaattien tarkkailuun, koska niitä voi liueta tarkkailuputkista. Pohjavesiputket varustetaan pitkällä siiviläosalla, joka ulottuu kyllästyneen kerroksen läpi pohjaveden pinnasta putken alapäähän saakka. Putken siiviläraon koko määrätään maaperän mukaan. Muoviputki asennetaan työputken avulla vettä johtavien kerrosten läpi kovaan poh-jaan saakka. Tarvittaessa voidaan isomman työputken avulla tehdä hiekkasuoda-tin putken ympärille sen toiminnan varmistamiseksi. Tällöin putken siivilärako on 0,3 mm. Mikäli maaperäolosuhteet ovat sellaiset, että pohjaveden virtausta tapahtuu erillisissä kerroksissa, on putket asennettava kutakin kerrosta varten erikseen siten, että siiviläosa kattaa vain kyseisen vettä johtavan maakerroksen. Putkien asennuk-sen yhteydessä on myös otettava huomioon se, ettei asennuksien seurauksena pääse syntymään haitallisia virtauksia maakerrosten välille eikä pintavesi pääse putken vierestä maaperään. Putkien yläpään tiivistämiseen käytetään bentoniittilietettä.

4.3.6

Näytteiden analysointi ja tutkimustulosten esittäminen

Näytteiden analysointia varten tulee käyttää vain laboratorioita, jotka käyttävät ak-kreditoituja tai muutoin luotettavaksi osoitettuja laatujärjestelmiä. Tietoja yleisistä vaatimuksista löytyy standardista SFS EN ISO/IEC 17025 "Testaus- ja kalibrintila-boratorioiden pätevyys, yleiset vaatimukset" sekä ohjeesta "ISO Guide 25; general requirements for the technical competences of testing laboratories".

Kaikki piirustukset tulisi esittää Suomen geoteknillinen yhdistys ry:n pohjara-kennuspiirustusohjeissa annetussa muodossa. Kairaus- ja analyysitulokset sekä pohjavesiputkien sijainti tulisi esittää Suomen geoteknillinen yhdistys ry:n poh-jatutkimusmerkintäohjeiden mukaisin symbolein kartoilla ja diagrammiesityksin leikkauspiirustuksissa. Suunnitelmakartoissa ei tulisi käyttää pienempää mittakaavaa kuin 1:1000. Kaikkiin tutkimuskairauksiin ja näytetietoihin on merkittävä pisteen xyz-koordinaatit sekä päivämäärä ja tutkimuksen tekijän nimi.

Kaatopaikan tilan tutkimukset koostuvat mm. seuraavista vaiheista:

- perustilaselvityksen tekeminen
- historia- ja taustatietojen kerääminen
- kenttätutkimusten suorittaminen
- karttatarkastelu
- pohjamaan ominaisuuksien selvittäminen
- geofysikaaliset tutkimusmenetelmät
- kairaukset
- kaatopaikkapenkereen ominaisuuksien selvittäminen
- näytteenoton järjestäminen
- pohjavesiputkien asentaminen
- tutkimustulosten esittäminen

5 Kunnostaminen: rakenteet

5.1

Kaatopaikan pinnan eristäminen

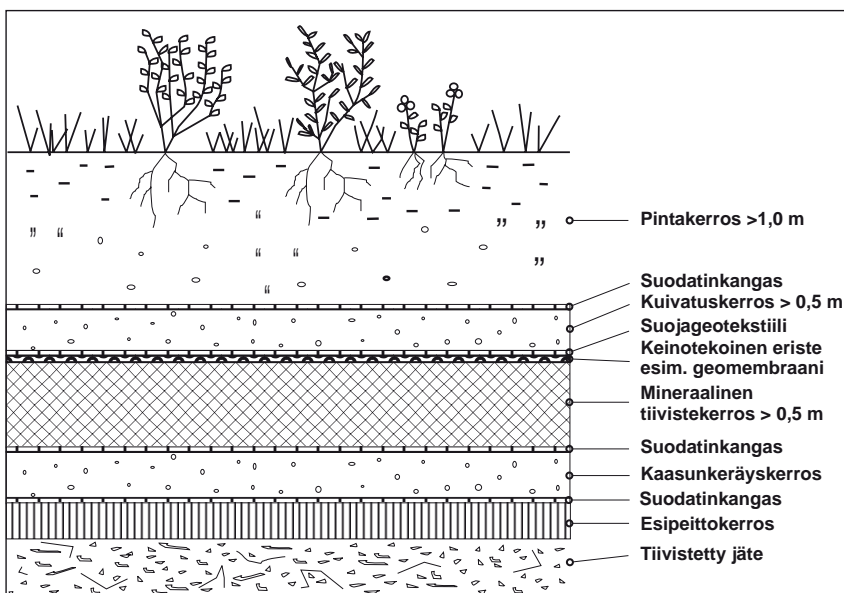
5.1.1

Yleistä

Kaatopaikalle on rakennettava pintaeristys täyttöalueen saavutettua lopullisen korkeutensa. Pintaeristyksellä estetään sade- ja pintavaluntavesien imeytymistä jätemassaan sekä siitä seuraavaa likaantuneen suotoveden muodostumista ja haitta-aineiden kulkeutumista ympäristöön. Tiiviin pintaeristyksen avulla tehostetaan kaasun talteenottoa ja vähennetään kaatopaikkojen haju-, pöly-, lintu- ja maisemahaittoja. Pintaeristyksellä on myös tärkeä tehtävä pitää pintavedet erillään kaatopaikkavesistä (kuva 4).

Pintaeristysrakenteiden suunnittelussa on aina arvioitava, onko pintaeristys riittävä toimenpide vai tarvitaanko sen lisäksi kaatopaikan eristämistä pohjavesistä esimerkiksi pystyeristysrakenteilla (ks. luku 5.3). Kaatopaikan siirtoa (ks. luku 5.5)uuteen vaarattomampaan paikkaan on harkittava esimerkiksi silloin, kun kaatopaikasta on aiheutunut tai voi aiheutua käytössä olevien pohja- tai pintavesien pilaantumista.

Kaatopaikan pintaeristyksen rakenne suunnitellaan kaatopaikan kunnostus- ja maisemointitarpeen sekä mahdollisen jälkikäytön mukaan. Rakenteet tehdään hyväksytyn käytöstäpoistamissuunnitelman mukaisesti.



Kuva 4.
Esimerkki
kaatopaikan
pintaeristyksen
rakenne-
kerroksista

Pintaeristysten rakenneosien toiminnalliset ja tekniset vaatimukset

Pintaeristysrakenne muodostuu useasta kerroksesta, joista jokaisella on oma tehtävänsä ja omat vaatimuksensa. Valtioneuvoston päätöksessä kaatopaikoista (VNp 861/1997) asetetaan eri vaatimuksia kaatopaikan pintarakenteelle riippuen siitä, onko kysymyksessä tavanomaisen jätteen, pysyvän jätteen vai ongelmajätteen kaatopaikka. Tavanomaisen jätteen kaatopaikalla pintarakenne voi muodostua esimerkiksi seuraavista kerroksista (alhaalta ylöspäin, kuva 4):

- tiivistetyn jätteen päällä oleva esipeittokerros
- tarvittaessa suodatinkangas
- kaasunkeräyskerros hyvin kaasua johtavasta materiaalista
- tarvittaessa suodatinkangas
- huonosti vettä läpäisevä pitkäaikaiskestävä tiivistyskerros
- tarvittaessa keinotekoinen eriste, esimerkiksi geomembraani
- tarvittaessa geomembraanin suojakerros, esim. paksu suojageotekstiili
- kuivatuskerros, hyvin vettä läpäisevästä aineksesta, paksuus vähintään 0,5 m (VNp 861/1997)
- pintakerros
- kasvukerros

Jätetäyttö

Jätetäytön pinta on muotoiltava ennen pintaeristysten rakentamista rakennekerrosten kaltevuuteen siten, että

- pinnankaltevuudet ovat tehokkaan pintakuivatuksen kannalta riittävät jätetäytön painumisenkin jälkeen (suositus vähimmäiskaltevuudeksi 5 %)
- pinnankaltevuudet ovat toisaalta riittävän loivat pintaeristysten stabiliteettia (liukumisen estyminen) silmällä pitäen.

Ennen muotoiluun ryhtymistä on selvittävä, miten kaatopaikkaa on tiivistetty käytön aikana. Mikäli todetaan, että tiivistys ei ole riittävä, muotoilun yhteydessä jätetäyttöä on tiivistettävä lisää esimerkiksi raskaalla kaatopaikkajyrällä myöhempien epätasaisten painumien estämiseksi ja kantavuuden parantamiseksi. Tämä on erityisen tärkeää silloin, kun kaatopaikka-aluetta hyödynnetään myöhemmin. Kantavuutta lisäävänä toimenpiteenä voidaan tehdä myös jätteiden lajittelua täytön pinnassa siten, että kantavimmat jätteet ovat tasaisesti täytön pinnassa.

Esipeittokerros

Esipeittokerroksen tehtävänä on muodostaa tasainen ja kantava pinta, jotta sen päälle tehtävät rakennekerrokset voidaan toteuttaa mitoiltaan ja tiiveydeltään suunnitelman mukaisesti. Se myös estää jätteen ja mineraalisen tiivistyskerroksen sekoittumisen toisiinsa.

Esipeittokerros tehdään täytön edetessä työstämiskelpoisesta ylijäämämaasta tai muusta luonnonmaa-aineksesta. Tarvittaessa käytetään kantavuutta lisääviä materiaaleja. Esipeittokerroksen suositeltava vähimmäiskerrospaksuus on 0,3 m. Jos kaatopaikan on annettu tiivistyä ja painua, voidaan esipeittokerrosta joutua korjaamaan ja kaatopaikkaa muotoilemaan vielä ennen lopullisten pintarakennekerrosten tekemistä.

Esipeittokerros tasoitetaan hyvin ennen mineraalisen tiivistyskerroksen rakentamista materiaalikustannusten minimoimiseksi. Esipeittorakenteessa ei saa olla esiintyntyviä lohkaraita tai suuria kiviä, kosteita painanteita tai muita paikallisia epätasaisuuksia.

Kaasunkeräyskerros

Kaasunkeräyskerroksen toiminnallisista vaatimuksista ja niihin vaikuttavista tekijöistä tärkeimpiä ovat

- kaasunkeräyskyky, mitoitus kerrospaksuuden ja kaasunläpäisevyyden perusteella
- kestävyys aggressiivisten kaasukomponenttien suhteen
- kestävyys suotovirtausten suhteen
- kyky olla karstaantumatta kaasusta peräisin olevasta materiaalista

Kaasunkeräyskerroksen suositeltava minimipaksuus on 0,3 m maa-aineksesta tehtynä. Kerros tehdään karkeasta lajittuneesta aineksesta tai geosynteettisestä materiaalista ja se liitetään jätetäytössä olevaan kaasunkeräilyverkostoon.

Kaasunmuodostuksen tehostamiseksi saatetaan jätemassaa joutua kastelemaan. Tällöin kaasunkeräilykerroksen yhteyteen tai sen alapuolelle voidaan suunnitella kosteuden jakokerros. Kerroksen ja syöttöputkiston kautta imeytetään jätetäyttöön esimerkiksi suotovettä. Ongelmajätteen kaatopaikalle tehdään kaasunkeräyskerrokset tarpeen mukaan. Kaatopaikkakaasusta aiheutuva ohjeellinen kunnostustarve on esitetty taulukossa 5.

Tiivistyskerros

Tiivistyskerroksella vähennetään sadevesien imeytymistä jätetäyttöön ja ohjataan kaasun purkautumista. Se on pintaeristysrakenteen toiminnan kannalta kriittinen kerros ja siksi sen suunnitteluun ja rakentamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Tiivistyskerroksen suunnittelussa ja rakentamisessa tulee kiinnittää huomiota routimisen, kuivumisen, kemiallisen muuntumisen ja jätetäytön painumisen aiheuttamaan halkeiluriskiin. Halkeilleen tiivistyskerroksen vedenläpäisevyys nousee helposti jopa 100–1000-kertaiseksi halkeilemattomaan verrattuna, ja halkeilu johtaa hallitsemattomaan kaasun purkautumiseen.

Pintarakenteen tiivistyskerroksen vedenläpäisevyydelle ei kaatopaikkamääräyksissä ole esitetty numeerisia vaatimuksia. Tiivistyskerroksen minimipaksuus on ko. määräysten mukaan 0,5 m. Vedenläpäisevyysvaatimus määräytyy rakenteen tehokkuuden mukaisesti.

Toinen tapa määrittää pintarakenteen vedenläpäisevyysvaatimus on määrittää kaatopaikkarakenteeseen päästettävän veden määrä ja mitoittaa rakenne ko. vaatimusta vastaavaksi. Jos tavoitteena on vähentää kaatopaikkaan suotautuva vesimäärä 5 %:iin sadannasta, on tiivistekerroksen vedenläpäisevyyden oltava $1 \cdot 10^{-9}$ m/s tai pienempi. Jos voidaan sallia, että jätetäyttöön imeytyy 20–25 % vuotuisesta sadannasta, on tiivistekerroksen läpäisevyyden oltava $1 \cdot 10^{-8}$ m/s tai pienempi. Koska tiivistekerroksen mitoitus vaikuttaa puhdistettavien suotovesien määrään, on kysymyksessä optimointitehtävä tiivistysrakenteen ja suotovesien puhdistustoimenpiteiden kesken. Suotautumisen määrää eri aikoina voidaan säätää vaiheittain rakentamisella tai rakentamalla tiivistekerroksen alle vedenjakoputkisto.

Rakenteiden suunnittelussa on pidettävä mielessä, että kaatopaikalle jää biohajoamisvaiheen jälkeen pysyvästi suuri määrä sellaisia raskasmetalleja ja hitaasti liukevia orgaanisia kemikaaleja, joiden määrää maaperässä on rajoitettava ja jotka eivät saa joutua kaatopaikkaa ympäröivään maastoon.

Tiivistyskerros voidaan tehdä esimerkiksi savesta, siltistä, silttimoreenista tai maabentoniittiseoksesta. Kerros voidaan tehdä myös tarkoitukseen soveltuvista geosyntettimateriaaleista tai mineraalisen tiivistyskerroksen laatuvaatimukset ja ympäristölliset vaatimukset täyttävästä teollisuuden sivutuotteesta. Vaihtoehtoisia materiaaleja käytettäessä perusratkaisua vastaava tiiveys on osoitettava laboratoriokokeilla ja testattava koerakenteilla. On tärkeää, että valittavilla tiivistekerroksen materiaaleilla on sellaiset muodonmuutosominaisuudet, että rakenne säilyttää tiiveysominaisuutensa myös vetojännitystilanteissa. Tiiveyden saavuttamista seurataan laadunvalvontaohjelman mukaisesti. Ohuina kerroksina käytettävien tai hauraiden materiaalien suhteen on tähän seikkaan kiinnitettävä erityistä huomiota. Pintatiivistyskerroksen materiaalien ominaisuuksien vaihtelua ja työnaikaista sullontaa tarkkaillaan kuten kaatopaikan pohjan tiivistystyötä (ks. Leppänen 1998).

Tiivistetty kerros suojataan välittömästi kuivumisen, eroosion ja jäätymisen vahingoittavalta vaikutukselta. Työn keskeytyessä on ryhdyttävä toimenpiteisiin mineraalisen tiivistyskerroksen kastumisen tai kuivumisen estämiseksi. Jos näin tapahtuu varotoimenpiteistä huolimatta, vahingoittunut, vettynyt tai kuivunut materiaali on poistettava ja korvattava vaatimukset täyttävällä materiaalilla.

Mineraaliseen tiivistysrakenteeseen käytettävä maa-aines homogenisoidaan tarvittaessa ja siitä poistetaan yli 32 mm kivet. Tarvittaessa varastoitava materiaali peitetään kastumisen ja pölyämisen estämiseksi. Mikäli massan varastoinnin tai kuljetuksen aikana tapahtuu lajittumista, homogenisoidaan massa uudelleen. Maabentoniitin valmistuksessa tulee käyttää pakkosekoittajatyypistä asemasekoittajaa.

Taulukossa 6 esitetään ohjeelliset kaatopaikkojen pintasuojusrakenteiden minimivaatimustasot erilaisissa kohteissa. Nämä vastaavat kaatopaikkadirektiivissä pohjarakenteille esitettyjä minimivaatimuksia. Lupaviranomainen voi tapauskohtaisesti vaatia tiukempia suojausvaatimuksia, mutta alhaisempien suojausvaatimusten perusteena on oltava luotettava ympäristö- ja terveysvaikutusten kokonaisarviointi.

Taulukko 6. Suositukset tiivistysrakennerratkaisuksi.

	Tavanomaisen jätteen kaatopaikka	Ongelmajäte- ja riskikaatopaikka
Tavoite	Suotovesien rajoitus, haitan esto	Suotovesien rajoitus, haitan ja leviämisen esto
Perusratkaisu	Mineraalieriste: paksuus: $\geq 0,5$ m k-arvo: $< 1 \cdot 10^{-9}$ m/s ^{x)}	Mineraalieriste: paksuus: $\geq 0,5$ m k-arvo: $< 1 \cdot 10^{-9}$ m/s Keinotekoinen eriste
Materiaalivaatimukset:	“Kaatopaikan tiivistysrakenteet” (Leppänen 1998)	“Kaatopaikan tiivistysrakenteet” (Leppänen 1998)
Mahdolliset vaihtoehdot (Vastaavuus perusratkaisuun osoitettava)	Ohennettu mineraalieriste Bentoniittimatto Muut korvaavat materiaalit Yhdistelmä rakenne	Poikkeusratkaisu mahdollinen vain erityisen hyvin perustelluissa tapauksissa

^{x)} Vaatimuksesta voidaan poiketa tekstissä ilmenevin perustein

Taulukossa 6 esitettyjä tiivistyskerroksen paksuuksia ei tule pitää ehdottomina vaatimuksina, vaan kerros voidaan korvata ohuemmalla, vastaavan suojaustehon antavalla kerroksella. Vastaavuuslaskelmissa käytetään taulukon 6 paksuuksia ja vedenläpäisevyyskertoimia. Liitteessä 3 esitetään Saarelan (1997) ja Erkinheimon (1999) tutkimuksissa saatuja tuloksia kaatopaikkojen pintarakenteiden vesitaselaskelmista. Ensin mainitussa tulokset saatiin tutkimuksessa kehitetyllä kaatopaikkojen pintarakenteiden simulointimallilla (LCAM). Mallilla voidaan arvioida kaatopaikkojen peittämiseen liittyvien eri tekijöiden, mm. eristyskerroksen vedenläpäisevyyden ja paksuuden, pintakerroksen vedenläpäisevyyden ja paksuuden, kasvillisuuden, lumenaurauksen ja kuivatuskerroksen vaikutus kaatopaikan peiterakenteiden läpi imeytyvän sadannan määrään. Viimeksi mainitut tulokset saatiin USA:ssa kehitetyllä kaatopaikkojen HELP-vesitasemallilla (Schroeder ym. 1984a, 1984b).

Jos mineraaliosa korvataan vaihtoehtoisella rakenteella, on sen täytettävä perusratkaisulle esitetyt vaatimukset ja sillä on oltava myös ympäristölupa. Mineraalista tiivistyskerros materiaalia korvattaessa tutkitaan vaihtoehtoisesta materiaalista mm. seuraavien teknisten ja ympäristökelpoisuutta kuvaavien ominaisuuksien vastaavuudet:

- maksimimuodonmuutos (painuma)
- vedenläpäisevyys eri rasiitustilanteissa
- ominaisuuksien säilyminen pakkas-/sulamisrasitusten jälkeen
- materiaalien ympäristökelpoisuus
- biologinen hajoaminen
- karbonaattimineraalien ja muiden liukenevien aineiden määrä
- kuivumiskutistuma < 5 % (tilavuuskutistuma)
- kaatopaikkakaasujen läpäisevyys kuivana ja märkänä.

Lisäksi edellä mainittuja ominaisuuksia on tarkasteltava tiivisterakenteessa käy-

tettäville vaihtoehtoisille materiaaleille seuraavissa rasiustilanteissa:

- toistuva kastuminen ja kuivuminen
- eroosiorasitus
- UV-rasitus
- terminen rasitus (hetkellinen/pitkäaikainen)
- juuriston ja pieneläinten aiheuttamat vauriot

Rakenteen vastaavuutta perusratkaisuun verrattuna voidaan arvioida mallinnuksen avulla.

Keinotekoinen eriste

Keinotekoisella eristeellä tarkoitetaan rakennetta/materiaalia, joka ei läpäise vettä hydraulisen gradientin suuntaisesti. Keinotekoista eristettä käytetään sadevesien imeytymisen estämiseen ja tehostamaan kaasujen keräilyä. Keinotekoinen eriste vaaditaan ongelmajätteen kaatopaikoilla, mutta sitä voidaan tarvittaessa edellyttää myös tavanomaisen jätteen kaatopaikoilla, esimerkiksi pohjavesialueiden läheisyydessä.

Keinotekoisien eristeiden tulee kestää alapuolisten kerrosten ja jätetäytön epätasaisen painumisen aiheuttamia muodonmuutoksia. Sillä tulee olla myös riittävä kemiallinen kestävyys olosuhteisiin nähden. Mikäli eristettä ei heti peitetä suojaavalla maakerroksella, on sen UV-säteilyn- ja roudankestävyys varmistettava. Auringon UV-säteily alkaa nopeasti heikentää kalvon mekaanisia ominaisuuksia. Keinotekoisien eristeiden ja maakerrosten välisen kitkapinnan vaikutus rakenteen vakavuuteen on myös otettava huomioon.

Valtioneuvoston päätöksen (VNp 861/1997) mukaan keinotekoinen eriste sijoitetaan kaasunkeräilykerroksen ja tiivistyskerroksen väliin, mutta rakennusjärjestystä saa kuitenkin muuttaa. Mikäli keinotekoisien eristeiden päätehtävänä on tehostaa kaasunkeräilyä, se sijoitetaan kaasunkeräilykerroksen ja tiivistyskerroksen väliin tarpeellisine suojakerroksineen. Tiivistyskerroksen rakentaminen keinotekoisien eristeiden päälle sitä vaurioittamatta ei ole käytännössä mahdollista. Lisäksi keinotekoista eristettä vasten olevassa mineraalisessa tiivisteessä kohoava huokosveden paine voi johtaa koko rakenteen stabiliteetin menettämiseen – tiivistyskerroksen läpi suodautuva vesi voi kerääntyä keinotekoisien eristeiden yläpintaan ja aiheuttaa siihen liukupinnan. Suositeltava rakennusjärjestys vesien johtamisen tehostamiseksi ja rakentamisen aikaisten vaurioiden välttämiseksi on asentaa keinotekoinen eriste mineraalisen tiivistyskerroksen päälle. Tiivistyskerroksen päällä oleva keinotekoinen eriste estää myös juurien tunkeutumisen rakenteeseen.

Keinotekoisia eristeitä on valmistettu polyeteenistä (PE) sellaisenaan tai modifioituna, polypropeenista (PP), polyvinyylikloridista (PVC), bitumista ja butyylikumista. Asfalttirakenteet soveltuvat vain harvoin käytettäväksi pintatiivisteinä kaatopaikoilla, koska asfalttinen tiivistysrakenne ei juuri kestä pohjan muodonmuutoksia (sallittu maksimivienymä 1,75 %) ja koska asfaltin tiivistäminen vesitiiviiksi vaatii hyvin kantavan alustan (kantavuus vähintään 45 MPa) (Simon ja Müller 2004). Kyseeseen tulevat lähinnä tuhkaa tai mineraalista, tavanomaiseksi tai ongelmajätteenä

luokiteltua jätettä sisältävät kaatopaikat.

Membraanien lujuusominaisuuksista on syytä tarkastella kahta lujuusarvoa, nimitäin yksiaksiaalista vetolujuutta sekä kolmidimensionaalista aksisymmetristä vetolujuutta. Yksiaksiaalisella vetolujuudella on merkitystä rakennusaikana, kun luiskissa membraanin päälle levitetään muita kerroksia ja niiden päällä liikutaan työkoneilla. Aksisymmetrinen vetolujuus taas määrää kalvon kestävyyskäyttötilassa tapahtuvissa alustan muodonmuutoksissa. Valmistajien ilmoittamat materiaalityypit on määritetty lyhytaikaisilla laboratoriokokeilla, joten materiaalin ikääntymisen aiheuttama lujuuden heikkeneminen on otettava huomioon. Ikääntyminen tekee kalvosta hauraamman, joten sen sallittu maksimimuodonmuutos pienenee ajan funktiona.

HDPE-geomembraanin sallittu maksimivienymä on lyhytaikaisessa tilanteessa 10–15 % ja pitkän ajan tilanteessa (jännityssäröily) 6 % (Simon ja Müller 2004). LLDPE:n maksimivienymä aksisymmetrisesti on 75 % ja PVC:n 100 % (Qian ym. 2002). Pintarakenteissa on yleensä syytä käyttää HDPE:tä selvästi joustavampia kalvoja.

Ohuet kalvorakenteet ovat herkkiä reikiintymään kuljetuksen, rakentamisen ja käytön aikana. Siksi kalvoja ei pidä käyttää pintatiivisteinä yksinään ilman alapuolista mineraalista tiivistettä. Kalvot tulee suojata yläpuolisen kuivatuskerroksen karkean kiviaineksen tunkeutumiselta. Suojaamiseen voidaan käyttää hiekkaa tai vastaavaa hienorakeista kiviainesta ($d < 3 \text{ mm}$) ja kerrospaksuutena 5–10 cm:ä. Myös suoja-geotekstiilin käyttö on mahdollista, mutta tällöin on osoitettava tekstiilin riittävä suojausaste.

Kuivatuskerros

Kuivatuskerroksen tehtävänä on alentaa tiivistysrakenteeseen kohdistuvaa vesipainetta ja johtaa kasvu- ja pintakerroksen läpi suotautuva sadevesi pois rakenteesta. Kuivatuskerroksen osalta on otettava huomioon seuraavia tekijöitä:

- hydrostaattisen paineen minimointi: vedenläpäisevyys (materiaali ja kerrospaksuus), hydraulinen gradientti, imeytyvät vesimäärät ja yläpuoliset rakenteet huomioon ottaen
- eroosiokestävyys
- liukumisen estäminen luiskissa
- pinnan suojaustarve pintamaan rakeisuudesta riippuen (kuivatuskerroksen tukkeutumisen estäminen)

Kuivatuskerroksen kaatopaikkamääräysten mukainen vähimmäispaksuus on 0,5 m (VNp 861/1997). Suositeltava vedenläpäisevyys on $k > 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ ja vähimmäiskaltevuus 5 %. Tämä rakenne antaa vedenjohtavuuden suhteen hyvin suuren varmuuden. Siitä voidaan poiketa, mikäli pätevin mitoituslaskelmin osoitetaan vaihtoehtoisen rakenteen riittävyys. Pätevän mitoitusmenetelmän kiviaineksestä rakennettavan kuivatuskerroksen mitoittamiseen on esittänyt Giroud ym. (2000). Laskennassa tarvitaan mitoitusadanta, kuivatuskerroksen vedenjohtavuus sekä kerroksen kaltevuus ja pituus (projektio vaakatasoon). Mikäli kuivatuskerroksen päälle tulee normaali suoja- ja kasvukerros, voidaan mitoitusadantana käyttää alueen yhden

kuukauden maksimisadantaa tai lumen vesiarvon maksimia (kerran 50 vuodessa toistuva). Mikäli yläpuoliset rakenteet eivät pidätä vettä, käytetään mitoitussadantana yhden vuorokauden maksimisadantaa. Sopiva varmuuskerroin kuivatuskerroksen paksuudelle on 1,6. Kerrospaksuus pyöristetään ylöspäin työtekniikan tarkkuuden mukaisesti.

Kuivatuskerroksen materiaalin vedenläpäisevyys on määritettävä laboratorio-kokeilla. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota hienoaineksen ($< 0,125$ mm) määrän vaihteluun kiviaineksessa.

Pintarakenteen kuivatuskerroksessa voidaan käyttää myös rengasrouhetta tai geosynteettistä kuivatusrakennetta eli ns. salaojamattoa. Salaojamaton tulee olla vaakatasossa kahteen suuntaan vettä johtavaa. Maton sydämen paksuuden tulee olla vähintään 2 cm ja maton molemmiin puolin tulee olla suodatinkankaat tukkeutumisen estämiseksi. Salaojamatto toimii samalla myös tehokkaana tiivistyskerroksen suoja-kerroksena. Rengasrouheen kerrospaksuuden minimi on 25 cm. Rouheen palakoon maksimi on noin 10 cm ja ulos tulevien terästen maksimipituus 5 cm. Rengasrouheen ja tiivistyskerroksen väliin tarvitaan teräksistä johtuen vähintään 10 cm paksu suojakerros. Rengasrouheen päälle tulee asentaa suodatinkangas tukkeutumisen estämiseksi.

Pintakerros

Pintakerrokselle voidaan asettaa seuraavia toiminnallisia vaatimuksia ja tavoitteita:

- mineraalisen tiivistyskerroksen routasuojaus ja sen kuivumisen estäminen
- jätteisiin kohdistuvan sade- ja sulamisveden suotautumisen vähentäminen
- valunnan tasaaminen
- pintavalunnan edistäminen
- kasvillisuuden vedensaannin turvaaminen
- alempien kerrosten suojaaminen kasvien juurilta
- metaanin ja hajukaasujen biologinen hapettaminen
- vesi- ja tuulieroosion estäminen (erityisesti on kiinnitettävä huomiota luiskien pysyvyyteen)
- esteettisyyden parantaminen ja ympäristöön sulautuminen
- alueen jälki- ja hyötykäytön edistäminen
- palovaaran estäminen
- eläinten aiheuttaman jätteiden ja tartuntavaarallisten aineiden leviämisen estäminen
- roskien ja pölyn leviämisen estäminen

Kerros tehdään vettä pidättävästä luonnonmaa-aineksesta. Jos luonnonmaata korvaamaan käytetään teollisuuden sivutuotteita tai -jätteitä, niiden haitta-ainepitoisuudet eivät saa olla ristiriidassa pilaantuneiden maiden ohjearvojen kanssa. Vähimmäiskerrospaksuus on 1,0 m (VNp 861/1997), mutta riittävän routasuojauksen aikaansaaminen ja tiivistyskerroksen suojaaminen juurien tunkeutumiselta voi edellyttää paksumpaa rakennetta.

Kasvukerros, kasvien istuttaminen tai alueen nurmettaminen tehdään alueen mai-

semointitavoitteiden mukaan. Kasvillisuus lisää haihduntaa ja täten vähentää imeytymään pyrkivän veden määrää. Kasvien juuret sitovat maa-ainesta ja vähentävät eroosiota. Toisaalta kasvien juuret saattavat tunkeutua tiivistyskerroksiin saakka ja vaurioittaa niitä. Siksi kannattaa suosia matalajuurisia lajeja. Toinen mahdollisuus on lisätä kasvukerroksen paksuutta. Kasvien juurien tunkeutuminen tiivistyskerroksiin voidaan estää myös juurimatolla tai geomembraanilla. Kasvukerros tehdään humusmaasta tai muusta sopivasta kasvualustasta. Käytöstä poistetulle kaatopaikalle ei ole suositeltavaa istuttaa korkeaksi kasvavia puita.

5.1.3

Pintarakenteiden pitkäaikaiskestävyys

Routa ja orgaanisen jätteen hajoamisesta aiheutuvat painumat asettavat pintarakenteiden rakentamiselle suuria vaatimuksia, koska ne voivat lisätä mm. tiivistysosien vedenläpäisevyyttä. Vaikka kaatopaikan täyttö tiivistettäisiin kuinka hyvin, orgaanisen jätteen hajoaminen aiheuttaa aina siirtymiä ja jännityksiä pintarakenteissa.

Pintaeristyksen toimintaan vaikuttavat ensisijaisesti käytetyt rakennekerrokset ja niiden materiaalit sekä rakenteen kaltevuus. Pintaeristyksen on säilytettävä ominaisuutensa kaatopaikan pinnan painumisen yhteydessä. Rakenteen on täytettävä työmaaliikenteen ja mahdollisen jälkikäytön asettamat vaatimukset.

Sen lisäksi, että hyvä pintaeristys estää sadevesien imeytymisen jätteeseen, sen on oltava mekaanisesti ja kemiallisesti kestävä. Pintaeristyksessä käytettävillä materiaaleilla on oltava riittävä muodonmuutoskyky jätepenkereen epähomogeenisuudesta ja jäterungon sisäisestä kokoonpuristumisesta johtuvien epätasaisten painumien takia.

Suunnittelussa on aina otettava huomioon rakenteiden ja niissä käytettävien materiaalien kestävyys niissä olosuhteissa, joihin ne rakentamisen ja käytön aikana joutuvat. Kaatopaikan ja sen rakenteiden painumisen ja kantavuuden lisäksi on otettava huomioon veden ja tuulen aiheuttama eroosio, routasyvyys, kuivumisvaara, juurien tunkeutuminen rakenteeseen, jyrksijöiden vaikutus ja mahdolliset onnettomuustilanteet. Luiskien vakavuus on tarkasteltava erikseen.

Kaatopaikkarakenteilta vaaditaan lähes ikuista (ongelmajätteen kaatopaikat) ja vähintäänkin satojen vuosien (tavanomainen sekajäte) toimivuutta. Rakenteiden kunnon seuranta ja kunnostustarpeen arviointia varten suunnittelijan tulee määrittellä hyväksyttävät toiminnalliset rajat, jotka rakenteen tulee täyttää aina, sekä esittää keinot, joilla toiminnallisuutta tarkkaillaan. Päätöksenteko korjaustoimien tarpeellisuudesta kuuluu valvovalle viranomaiselle ja siihen vaikuttavat tietysti kaatopaikan sijainti sekä ympäristövaikutusten seurannan antamat tiedot.

Rakenteen pitkäaikaiskestävyys ei ole pelkästään käytettävien materiaalien ominaisuus vaan siihen voidaan vaikuttaa merkittävästi suunnitteluratkaisulla. Minerallisen tiivisteiden ja kuivatuskerroksen jäätyminen tulee yleensä estää riittävän paksuilla suojakerroksilla ja sijoittaa rakenneosat roudattomaan syvyyteen. Pitkän ajan tilanteessa routaantumattomuudessa ei voi ottaa huomioon kaatopaikan tuottamaa

lämpöä. Samoin tulee estää tiivisterakenteiden kuivuminen. Tähän voidaan vaikuttaa riittävän paksulla suojakerroksella ja kuivatuserroksessa tapahtuvan kapillaarisen nousun estämisellä tai peittämällä tiiviste keinotekoisella eristeellä. Myös kaatopaikan tuottama lämpö voi johtaa tiivistyskerroksen kuivumiseen.

Kun erilaisten geosyntteettien (muovikalvot, bentoniittimatot, salaojamatot yms.) käyttö rakennekerrosten osina lisääntyy, nousee esille tarve tarkastella tällaisten kerrosrakenteiden stabiiliteettia luiskaan asennettuna. Pitkän ajan tilanteen vakavuutta arvioitaessa voidaan yleensä käyttää vain ns. jäännöslujuuksia, koska muodonmuutokset rakenteissa voivat ajan mittaan olla suuria. Veden kerääntyminen kalvon alareunaan voi aiheuttaa stabiiliteettiongelmia luiskissa.

5.2

Tiivistyskerroksen rakenteiden materiaaleista

5.2.1

Luonnonmaatiivisteet

Valtioneuvoston kaatopaikkapäätöksessä (VNp 861/1997) esitetty perusrakenne tarkoittaa luonnonmaatiivistettä. Tiivistyskerroksen minimipaksuudeksi on määritetty 0,5 m.

Luonnonmaatiivisteiden osalta ensimmäinen tarkasteltava kysymys on, voidaanko ne ylipäänsä rakentaa riittävän tiiviiksi painuvalle alustalle. Luonnonsavi muodostaa normaalissa rakentamiskosteudessa paakkuja, jotka on työstettäessä saatava rikottua riittävän tehokkaasti. Muuten muodostuu rakenne, joka sisältää hyvin tiiviitä alueita, joita ympäröi halkeamien tai heikommin tiivistyneiden alueiden verkko. Tällaisen rakenteen läpäisevyys on helposti sata kertaa suurempi kuin vastaavasta materiaalista tehdyn hyvin tiivistetyn laboratorionäytteen tiiveys. Tätä ongelmaa on perinteisesti vähennetty rakentamalla luonnonmaatiivisteet paksuiksi ja monessa kerroksessa tiivistäen (Clarke 2002). Moreenilla, jonka savespitoisuus on alhainen, ei paakkuuntumisongelmaa yleensä esiinny, vaan materiaali homogenisoituu tiivistyksen myötä.

Muodonmuutokset

Savessa etenkin epätasaiset jätetäytön painumat aiheuttavat tiivistysrakenteisiin taipumaa ja vetojännityksiä. Materiaalin vetojännityksen ylittyessä syntyy tiivistysrakenteeseen halkeamia. Halkeamien leveys ja syvyys pienenevät savikerroksen paksuuden kasvaessa. Saven kyky sietää muodonmuutoksia vähenee tiivistysenergian ja kuivatilavuuspainon kasvaessa. Kun saven vesipitoisuus on korkea, se käyttäytyy lähes plastisesti, mutta jo hieman optimivesipitoisuuden alapuolella käyttäytyminen muuttuu hauraaksi (Camp ym. 2005). Moreenit käyttäytyvät muodonmuutosten suhteen hauraasti, jolloin niiden läpäisevyys kasvaa tasaisesti venymän kasvaessa.

Luonnonmaatiivisteille sallitaan pintarakenteen kuormitusoloissa (15–20 kPa)

yleensä noin 1 %:n venymä. Tämä ylittyy todellisessa rakenteessa hyvin todennäköisesti. Luonnonmaatiivisteiden kestävyyttä epätasaisia painumia vastaan voidaan parantaa tiivisteen alle tai sisään asennettavien geolujitteiden avulla (Viswanadham ja Jessberger 2005).

Kuivuminen

Savi tiivistetään rakenteeseen yleensä optimia kosteampana, mikä on alhaisen vedenläpäisevyyden kannalta edullista. Vesipitoisuuden kasvu kuitenkin lisää saven kutistumista, mikäli se ilmaston tai jätteestä vapautuvan lämmön vuoksi kuivuu. Savikerroksen kuivuminen johtaa halkeiluun, kun materiaalin huokosalipaine ylittää yläpuolisten kerrosten aiheuttaman kuormituspaineen. Pintarakenteessa ei yläpuolisista kerroksista aiheutuvalle kuormituspaineella ole merkitystä halkeilun estämisessä. Sen sijaan tehtyä tiivistystyötä voidaan verrata esikuormitukseen. Saven huokosalipaine on yleensä jo optimivesipitoisuudessaan luokkaa 0,1–2 MPa savespitoisuudesta riippuen. Muutoksia tällaisen saven rakenteessa alkaa tapahtua vasta, kun kuivattava huokosalipaine ylittää em. arvon.

Vaikka savi ei halkeaisikaan pelkän huokosalipaineen vaikutuksesta, se muuttuu hauraaksi, kun vesipitoisuus laskee alle plastisuusrajan. Tällöin savi on erittäin herkkä muodonmuutoksille. Illiittinen savi, joita suomalaiset savet pääosin ovat, on luonnonsavista vähiten herkkä kuivumiskutistumalle (Mallwitz 1998). Moreenin jäykkä raerunko estää sitä yleensä kutistumasta kuivuessaan. Moreenin huokoisuus voi kuitenkin kasvaa hienoaineksen kiinnittyessä karkeamman aineksen raepinnoille. Samalla moreeni altistuu sisäiselle eroosiolle.

Kuivumiskutistuman minimoimiseksi tulisi pintatiivisteissä käyttää laihoja savia (savespitoisuus < 30 %), joiden plastisuus on alhainen. Rakenne tulee tiivistää optimivesipitoisuudessaan tai mieluummin kuivempaa suurella tiivistystyömäärällä. Rakenne tulee suojata kuivumiselta työn aikana myöhemminkin. (Albrecht ym. 2001.)

Jäätyminen

Jäätyminen aiheuttaa luonnonmaatiivisteissä vedenjohtavuuden kannalta tehokkaan huokoisuuden kasvua (suuret, vettä johtavat huokokset) sekä paikallista kuivumista ja halkeilua. Jäätyneen rakenteen sulamisvaiheessa luonnonmaatiivisteiden kantavuus voi myös alentua ja liukusortumien riski luiskissa kasvaa. Wongin ja Haugin (1991) jäädytyskokeissa luonnonsaven ja moreenin vedenläpäisevyys kasvoi 10–15-kertaiseksi viiden jäädytys-sulatussyklin aikana, kun taas maabentoniittien (bentoniittia 5–25 %) vedenläpäisevyys ei kasvanut lainkaan.

Sisäinen eroosio

Sisäinen eroosio tarkoittaa tilannetta, jossa veden virtaus keskittyy maan halkeamiin tai makrohuokosiin ja kuljettaa mukanaan maasta irtoavaa hienoainesta. Tuloksena on itseään kiihdyttävä prosessi, jossa hienoaines huuhtoutuu pois maasta ja jäljelle jää karkea, hyvin vettä johtava aines. Sisäistä eroosiota voidaan ehkäistä monilla

keinoilla, esim. tiivisteiden runkoaineiden raekokojakaumaa optimoimalla (tasaisesti jatkuva raekokokäyrä), minimoimalla makrohuokosten jääminen tiivisteeseen rakennusvaiheessa, estämällä kuivuminen ja muu halkeilu ja estämällä pinnan liettyminen membraanien tai suodattimien avulla.

Yhteenveto

Nykykäsityksen mukaan luonnonmaatiivisteet ovat käytännössä huomattavasti lämpäisempiä kuin niiden suunnitelmien mukaan oletetaan olevan (Clarke 2002). Siksi luonnonmaatiivisteitä ei tule yksinään käyttää kuin pienillä, alhaisen riskin omaavilla kaatopaikoilla. Luonnonmaatiivisteiden kestävyyttä useimpia rasitustekijöitä vastaan voidaan parantaa merkittävästi lisäämällä sen päälle vaikka ohutkin keinotekoinen eriste ja/tai kasvattamalla suojakerrospaksuutta.

5.2.2

Maabentoniitit

Maabentoniitit valmistetaan sekoittamalla sopivaan luonnonmaahan jauhemaista bentoniittia ja tiivistämällä kuten luonnonmaatiivisteet. Tarvittava bentoniittimäärä riippuu runkoaineiden rakeisuudesta ja tiivistysolosuhteista. Koko rakenteen toimivuuden kannalta on olennaista, että bentoniitti saadaan sekoitettua runkoainekseen mahdollisimman homogeenisesti ja että tiivistystyössä päästään riittävän korkeaan kuivatilavuuspainoon (suhteelliseen tiiveyteen). Pintarakenteessa sopiva tiiveysasteen mitoitusarvo on 90–92 %. Maabentoniitti tulisi suhteittaa siten, että laboratorio-kokeissa saavutetaan em. tiiveysasteessa vedenläpäisevyyden arvo $k \leq 10^{-10}$ m/s.

Jäätyminen ja kuivuminen

Maabentoniitit sietävät yleensä hyvin jäätymistä ja sulamista. Maabentoniittiin ei muodostu jäälinsejä. Bentoniitti säilyy osittain hydratoituneena jäätyneenäkin ja hydratoituu uudestaan veden sulaessa. Maabentoniitit sietävät myös kuivumista luonnonmaatiivisteitä paremmin. Maabentoniitin kuivuessa sen huokoisuus kasvaa bentoniitin kutistuessa, mutta rakenne ei kantavasta runkoaineksesta johtuen yleensä halkeile. Bentoniitti hydratoituu uudestaan saadessaan vettä ja täyttää huokokset.

Ioninvaihto ja sisäinen eroosio

Maabentoniittien pitkäaikaskestävyyden vaarantavat bentoniitin ioninvaihto ja sisäinen eroosio. Bentoniitin tiivistysvaikutus perustuu pienien montmorilloniittipartikkelien kykyyn sitoa sähköisillä voimilla ympärilleen suuri määrä vettä. Natriumbentoniitti paisuu ionivaihdetussa vedessä noin 15-kertaiseksi. Mikäli bentoniitissa tapahtuu natriumionien vaihtuminen kalsiumiksi tai magnesiumiksi, jotka ovat maaperän yleisimmät kationit, on paisuminen enää vain kolmasosa natriumbentoniitin alkuperäisestä paisumisesta. Koska maabentoniitilla on jäykkä runkorakenne, se ei

kykene kompensoimaan kutistumalla bentoniitin paisumisen vähentymistä. Tällöin materiaalin huokoisuus ja vedenläpäisevyys kasvavat.

Sisäinen eroosio alkaa mikäli rakenteeseen muodostuu vettä johtavia huokosia tai halkeamia, joissa virtausnopeus kasvaa ja vesi vie mukanaan hienoainesta. Prosessi kiihdyttää itseään ajan kuluessa.

5.2.3

Bentoniittimatot

Bentoniittimatolla tarkoitetaan komposiittimateriaalia, jossa kahden kuitukankaan väliin on levitetty ohut kerros (alle 1 cm) bentoniittia ja rakenteelle on annettu lujuutta sitomalla kuitukankaat yhteen esim. neulasidonnalla. Bentoniitti paisuu kylästyessään vedellä ja muodostaa kuitukankaiden väliin paineellista geeliä, jonka vedenläpäisevyys on luokkaa $5 \cdot 10^{-11}$ m/s. Bentoniittimatto on myös hyvin kaasutiivis, kun sen vesipitoisuus on yli 70 tilavuus-% (vastaa 20 kPa:n kuormituksella 120 p-%). Alhaisemmilla vesipitoisuuksilla bentoniittimaton kaasunläpäisevyys riippuu maton sidontatekniikasta ja kuormituspainesta sekä bentoniitin laadusta ja vesipitoisuudesta. (Vangpaisal ja Bouazza 2004)

Myös bentoniitti voi kuivua ja halkeilla. Bentoniitti kuitenkin paisuu ja täyttää halkeamat nopeasti saadessaan uudestaan vettä. Kuivuneen maton vedenläpäisevyys voi olla merkittävää ensimmäisen rankkasateen aikana, mutta vähenee merkittävästi jo yhden vuorokauden aikana. Mikäli kuivumiseen yhdistyy liukoisen kalsiumin kulkeutuminen bentoniittiin, on seurauksena bentoniitin paisumiskapasiteetin merkittävä alentuminen ja vedenläpäisevyyden kasvu. Saksalaisten tutkimusten mukaan bentoniitin ioninvaihto tapahtuu ajan kuluessa väistämättä, mutta kuormituspaineen ollessa riittävä ($15\text{--}20 \text{ kN/m}^2$) kasvattaa ioninvaihto bentoniitin vedenläpäisevyyttä kuitenkin vain 10–15-kertaiseksi, ja bentoniittimatto läpäisee vuositasolla 1–2 % sadannasta (Egloffstein 2001). Myös yhdysvaltalaisen tutkimuksen (Meer ja Benson 2007) mukaan ioninvaihto tapahtuu bentoniittimattossa nopeasti ja mikäli tähän yhdistyy kuivuminen, kasvaa maton vedenläpäisevyys jopa neljä kertaluokkaa. Ns. aktivoitu bentoniitti sisältää aina kalsiumkarbonaattia, mikä aiheuttaa väistämättä ajan kuluessa natriumbentoniitin muuttumisen kalsiumbentoniitiksi (Egloffstein 2001).

Bentoniittimatto sietää hyvin alustan epätasaisia muodonmuutoksia. Maton alempi kuitukangas kestää yleensä 10–15 %:n venymän ennen repeämistä. Kankaan repeämistä seuraa maton läpäisevyyden kasvu, koska silloin bentoniitti pääsee vapaasti leviämään alustan huokosiin. Neulasidotun bentoniittimaton kestävyys epätasaisia painumia vastaan on merkittävästi luonnonmaatiivisteitä parempi. Bentoniittimattoon voidaan jo tehtaalla liittää kiinteästi membraanikalvo, mikä edelleen parantaa maton kestävyyttä. Painuvassa pintarakenteessa tulisi käyttää joustavia kalvolaatuja kuten VLDPE, LLDPE, PP tai PVC (Koerner ym. 1996). Maton saumojen limityspituus muodostuu todennäköisesti kriittiseksi tekijäksi epätasaisen muodonmuutoksen kohdistuessa maton alustaan. Suunnittelijan on arvioitava tapauskohtainen tarpeellinen

limitysleveys. Mitoituksen puuttuessa voidaan limityksen minimileveytenä sekajätteen kaatopaikalla pitää 0,5 metriä.

Bentoniittimaton sisäisen leikkauslujuuden pysyvyys on tärkeä parametri arvioitaessa bentoniittimaton pitkäaikaiskestävyyttä luiskaan asennettuna. Sisäinen leikkauslujuus muodostuu kuitukankaita sitovien kuitujen lujuudesta. Polypropeenikuitujen lujuutta heikentävät viruma sekä hapettuminen. Mikäli tapauskohtaisia arvoja ei määritetä, on sisäisen leikkauslujuuden maksimiarvolle annettava hiipuman suhteen varmuuskerroin 3 ja hapettumisen suhteen kerroin 1,1 (100 vuotta) tai 2,0 (300 vuotta) (Marr ja Christopher 2004). Luiskissa on aina käytettävä neulasidottua mattoa, jonka lujuus ns. Peel-kokeella määritettynä on vähintään 60 N/10 cm (ISO 10319) tai 600 N/m (ASTM D6496). Bentoniittimattoja ja muita geosynteettejä käytettäessä on rakenteen stabiilitetti työn ja käytön aikana osoitettava asianmukaisin laskelmin. Minimivarmuuskerroin työn aikaisessa tilanteessa on 1,3 ja käyttötilassa 1,6.

Bentoniittimatto kestää hyvin jäätymisen ja sulamisen aiheuttamia rasituksia. 150 jäädytys-sulatussykliä ei heikentänyt bentoniittimaton vedenläpäisevyyttä 20 kPa:n kuormituksella (Podgorney ja Bennett 2006). Mikäli tiivisteiden kaasuntiiveys on kohteessa oleellinen mitoitusparametri, on käytettävän maton valintaan sekä riittävän suureen kuormituspaineeseen kiinnitettävä erityistä huomiota (Vangpaisal ja Bouazza 2004).

Bentoniittimaton asennusalustan laatu on kriittinen tekijä maton vedenläpäisemättömyyden säilymisen suhteen. Alustan tulee olla tasainen eikä se saa sisältää kiviä, puutikkuja tai muuta sellaista materiaalia, joka voi tunkeutua maton läpi. Maton yläpuolisen kerroksen laatu ei ole yhtä kriittinen tekijä pintarakenteessa, mutta mikäli kuivatuskerroksen materiaalina käytetään mursketta, on matto suojattava myös yläpuolelta.

Bentoniittimaton minimilaatuvaatimuksina voidaan pitää seuraavia vaatimuksia:

- Bentoniitin tulee olla luonnon natriumbentoniittia (Natural sodium bentonite), aktivointia ei sallita.
- Bentoniitin laatu, eli montmorilloniittipitoisuus, varmistetaan joko XRD-menetelmällä, jolloin vaatimus on 90 % tai metyleenisinimenetelmällä, jolloin vaatimus on ≥ 300 mg/g. Bentoniitin laatu varmistetaan lisäksi paisumiskokeella. Minimivaatimus ASTM D5890 -menetelmällä on 24 ml/2 g ja DIN 18132 -kokeella ≥ 600 %.
- Bentoniitin minimimäärä matossa on 4000 g/m² 0 %:n kosteudessa. Keskiarvo on tällöin käytännössä 4500 g/m².
- Yläpuolisen kuitukankaan tulisi olla neulasidottu (non-woven) ja painoltaan vähintään 200 g/m². Alapuolisen tukikankaan tulisi olla yhdistelmä kudotusta (woven, paino vähintään 100 g/m²) ja neulasidotusta (paino vähintään 100 g/m²).
- Maton vetolujuuden tulee olla vähintään 7 kN/m.

- Maton repimislujuuden (Peel strength) tulee olla Peel-testillä (ISO 10319) $\geq 60 \text{ N/10 cm}$.
- Maton murtovenymän (elongation at break) tulee olla vähintään 25 %.
- Maton vedenläpäisevyyden on oltava joko pienempi kuin $5 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$ (k-value tai permeability) tai pienempi kuin $5 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ (permittivity).

Yhteenveto bentoniittirakenteista

Bentoniittimattoja ja maabentoniittia voidaan tutkimusten mukaan pitää monessa suhteessa luonnonmaatiivistettä luotettavampana pintatiivistemateriaalina. Bentoniittirakenteet tulee suojata kuivumiselta luotettavasti. Bentoniittirakenteen yläpuolelle ei saa sijoittaa materiaaleja, joista voi liueta veteen kalsiumia tai magnesiumia.



Kuva 5. Bentoniittisäkki

5.2.4

Yhdistelmäateriaalit

Yhdistelmäateriaaleja voidaan valmistaa sekoittamalla hiekkaa, bentoniittia, vettä ja polymeeriä. Polymeeri parantaa seoksen kestävyyttä juurten tunkeutumista, kuivumista ja muodonmuutoksia vastaan verrattuna normaaliin hiekkabentoniittiin. Tällaisista materiaaleista esimerkkinä on Trisoplast, joka on patentoitu tuote. Saksalainen riippumaton asiantuntijaelin on tutkimusten jälkeen hyväksynyt 10 cm:n Trisoplast-kerroksen korvaamaan tavanomaisen luonnonmaatiivisteiden pintarakenteessa. (Simon ja Müller 2004.)

5.2.5

Sivutuotteita tiivistysrakennemateriaaleina

Kaatopaikan käytöstä poistamisen kustannuksiin vaikuttavat oleellisesti käytettävät materiaalit. Kustannuksia voidaan pienentää hyödyntämällä ympäristölle haitattomia ja vaatimukset täyttäviä teollisuuden sivutuotteita, ylijäämämaita, lievästi pilaantuneita maita sekä kompostoitua lietettä. Sivutuotteiden käytön etuja ovat materiaalien ja läjitysalueiden säästyminen sekä luonnonmateriaalien oton aiheuttamien maisemajä ja ympäristövaikutusten väheneminen. Lisäksi kaatopaikkasijoituksen kustannusten nousu lisää sivutuotteiden hyötykäytön kiinnostavuutta.

Jätelainsäädännön mukaisesti sivutuotteet ovat pääsääntöisesti jätteitä, joiden sijoittaminen maaperään edellyttää jätelupaa ja hyödyntäminen ympäristölupaa. Hyötykäytön ympäristölupavelvollisuus, erityisesti lupakäsittelyn hitaus, on koettu käyttöä vaikeuttavaksi seikaksi. Asiassa on ilmennyt eriäviä mielipiteitä lupaviranomaisten keskuudessa ja erilaiset luvat eri alueilla, samoin kuin tulkinnanvaraiset lupamääräykset koetaan ongelmaksi.

Lupaa haettaessa on osoitettava materiaalin tekniset ominaisuudet ja rakenteiden tekninen toimivuus. Aina on kuitenkin otettava huomioon myös kohdekohtaiset ominaisuudet kuten kaatopaikan sisäinen tila, kuormitus ja ympäristö. Näiden tietojen perusteella tulee laatia luotettava terveys- ja ympäristövaikutusten kokonaisarviointi kaatopaikan pitkän ajan vaikutuksista VNp:n (861/1997) liitteen 1 kohdan 5 mukaisesti. Em. terveys- ja ympäristövaikutusten kokonaisarviointi on suositeltava tehdä erillisenä, itsenäisenä, päivättynä selvityksenään, jolloin se voidaan liittää sellaiseen hakemukseen ja siihen on yksinkertaista viitata päätöksessä.

Kaatopaikkarakenteiden ympäristökelpoisuuden arviointiin ei ole tällä hetkellä olemassa virallisia kriteerejä. Ongelmaa on tarkasteltu VTT:n ”Kaatopaikkojen tiivistysrakennemateriaaleina käytettävien teollisuuden sivutuotteiden ympäristökelpoisuus”- tutkimuksessa. Tutkimuksen tavoitteena oli luoda menettelytapa kaatopaikkarakenteissa hyötykäytettävien teollisuuden sivutuotteiden kaatopaikkakelpoisuuden arviointiin. Julkaisussa ehdotetaan kelpoisuusmenettelyä ja tarkasteltavia parametreja, soveltuvia tutkimusmenetelmiä sekä kelpoisuusarviointiin soveltuvia kriteerejä. Ym-

päristökelpoisuuskriteerien määrittelyssä ehdotetaan otettavaksi huomioon kaksi pääperiaatetta: Kaikkien eristerakenteissa käytettävien materiaalikerrosten on oltava kelpoisia vähintään tavanomaisen jätteen kaatopaikalle ja soveltavien kriteerien tulee olla sopu- ja sovelu- olemassa olevien kriteerien (esim. maarakentamiskäytön ympäristökelpoisuuskriteerien) kanssa. Näin haitta-aineiden pitoisuusrajat asettuvat pysyvän ja tavanomaisen jätteen kaatopaikalle annettujen kriteerien välille. Haitta-aineiden kokonaispitoisuudet eivät kuitenkaan saa ylittää ongelmajäteluokituksen raja-arvoja. (Wahlström ym. 2004.)

Teollisuuden sivutuotteiden käyttöönotto materiaalina kaatopaikkarakenteissa vaatii myös teknisen soveltuvuuden osoittamista. Esim. VTT:n ”Kaatopaikan tiivistysrakenteiden ja -materiaalien sertifiointiperusteet” -projekti on pyrkinyt kuvamaan menettelyä kaatopaikkojen tiivistysrakenteiden ja -materiaalien vapaaehtoiselle tuotesertifiointille (Tammirinne ym. 2004). Ympäristölainsäädännön mukaan kaatopaikan käytöstä poistamisen ja siinä käytettävien materiaalien ja rakenneratkaisujen hyväksyntävalta kuuluu kuitenkin aina ympäristöluvan myöntäjälle ja vaikka materiaalille tai rakenteelle on myönnetty sertifikaatti, niin se ei kaikissa yksittäistapauksissa takaa ratkaisujen käyttömahdollisuutta luvitettavana olevassa kohteessa.

Ennen sivutuotteen hyväksymistä käytettäväksi tiivistysrakenteessa, tuotteesta on osoitettava mm. seuraavat seikat:

- materiaalin ja sen ominaisuuksien biologinen ja kemiallinen pysyvyys
 - liukenemattomuus
 - päästöttömyys
 - inerttiys, ei kemiallisia reaktioita, neutraali pH
 - biohajoamattomuus
- käyttötarkoitukseen sopivat mekaaniset ominaisuudet
 - vesitiiveys ja sen pysyvyys
 - geoteknillinen stabiliteetti, sisäinen ja ulkoinen
 - ei muodonmuutoshalkeilua
- yhteensopivuus muiden materiaalien kanssa
 - kemiallinen yhteensopivuus
 - mekaaninen yhteensopivuus, kitkat
- vaarattomuus
- työturvallisuuskysymykset
- pakkakestävyys
- ei kuivumishalkeilua

5.2.6

Sivutuote-esimerkki: kuituliete

Suomessa kuitulietteiden soveltuvuutta pintatiivistysrakenteisiin on selvittänyt Finncao Oy. Tässä esitellään kuitenkin eräiden ulkomaisten kuitulietetutkimusten tuloksia. On huomattava, että kuitulietteiden koostumus, vesipitoisuus ja tekniset

ominaisuudet vaihtelevat suuresti lietteen alkuperästä ja esikäsittelystä riippuen. Siksi suunnittelun pohjaksi tulee aina määrittää kunkin käytettävän kuituliete-erän todelliset tekniset ominaisuudet.

Kun kuitulietemateriaali tiivistetään standardi Proctor -työmäärällä ja sen vesipitoisuus on 50–100 % yli optimivesipitoisuuden, niin sillä päästään luokkaa 10^{-9} m/s oleviin vedenläpäisevyyskertoimen k arvoihin. Kentällä saavutetaan sama k-arvo kuin laboratoriossa, kun kuitulietteen päälle tuleva kuormitus on vähintään 20 kPa. Tietyllä materiaalille laboratoriokokeilla saadun vedenläpäisevyyskertoimen vastaavuutta todellisessa rakenteessa mitattuun vedenläpäisevyyskertoimeen kuvaa materiaalin mittakaavatekijä. Kuitulietteellä mittakaavatekijä vaikuttaa luonnonmaatiivisteitä vähemmän laboratoriokokeiden pohjalta arvioitavaan rakenteen kokonaistehokkuuteen. Jäätyminen kasvattaa kuitulietteen läpäisevyyttä ja kuivuminen aiheuttaa merkittävää kutistumista ja halkeilua. Kuivuessaan kuituliete muodostaa kovia aggregaatteja, jotka eivät muutu uudelleen plastisiksi vettä saadessaan (Kraus ym. 1997).

Kuitulietteen konsolidoituminen (tiivistyminen kuorman alaisena) sekä kuivumiskutistuminen riippuvat voimakkaasti lietteen alkuperäisestä vesipitoisuudesta (Kamon ym. 2002). Keskimääräinen kokoonpuristuminen oli Krausin ym. (1997) laboratoriokokeissa 7 kN:n kuormalla sekä koerakenteissa 30 %. Biohajoamisen ei havaittu vaikuttavan kuitulietteiden läpäisevyyteen kahdeksan vuoden koekäytön aikana (Kraus ym. 1997).

Kuitulietteen hajotessa biologisesti muodostuu kaasua. Se voi aiheuttaa rakenteessa stabiliteettiongelmia, mikäli kuitulietekerroksen päällä käytetään kalvoa. Kuitulietteestä vapautuva kaasu vastaa laadultaan kaatopaikkakaasua. Kuitulietteen huokosveden pH on noin 5,5 ja se sisältää liukoista orgaanista ainesta sekä metalleja ja muita epäorgaanisia aineita (Panarotto ym. 1999). Merkittävä osa kuitulietteen mineraaliaineksesta on kalsiumkarbonaattia. Aiemmin bentoniittirakenteiden (ks. luvut 5.2.2 ja 5.2.3) kohdalla on jo kerrottu, että bentoniittimaton asentaminen kontaktiin liukoista kalsiumia sisältävän materiaalin kanssa johtaa bentoniitin ioninvaihtoon, mikä heikentää merkittävästi bentoniittimaton tehoa eristeenä.

Kuitulietterakenteen laatua ei voida testata rakenteesta tehtävillä vedenläpäisevyyskokeilla kuten infiltrometrillä. Työnaikaisen laadunvalvonnan tulee siten keskittyä lietteen tasalaatuisuuden (vesipitoisuus, koostumus), tiivistystyön ja kerrospaksuuden seurantaan. Kuitulietterakenne tulee suojata jäätymiseltä ja kuivumiselta kuten luonnonmaatiivisteetkin.

5.2.7

Testausmenetelmät

Kun tiivistysmateriaaleja testataan tai osoitetaan vaihtoehtoisten materiaalien toimivuutta ("vastaavuutta") toisiinsa verrattuna, tulee kiinnittää erityistä huomiota käytettävien testausmenetelmien edustavuuteen.

Vedenläpäisevyyden määrittäminen tulee laboratoriossa tehdä kolmiaksaalilaitteistolla ns. pehmeäseinäisellä menetelmällä. Kokeen aikaisen tehokkaan jännityksen tulee vastata mahdollisimman hyvin rakenteen todellisia kuormitusoloja. Koekappaleiden on testattaessa oltava täysin vedellä kyllästyneitä ja niiden mahdollisten muodonmuutosten tulee olla loppuneet. Sopiva gradientti koejärjestelyissä on noin 30, jolla tarkoitetaan veden painekorkeuden suhdetta koekappaleen korkeuteen. Suurempi gradientti nopeuttaa koetta, mutta samalla altistaa koekappaleen sisäiselle eroosiolle ja huokosrakenteen muutoksille.

Jäädytys-sulatuskokeet tulee tehdä ns. suljettuna kokeena, jolloin koekappaleet eivät saa lisävettä jäätymisen aikana. Toisaalta sulamisvaiheessa veden tulee päästä poistumaan vapaasti.

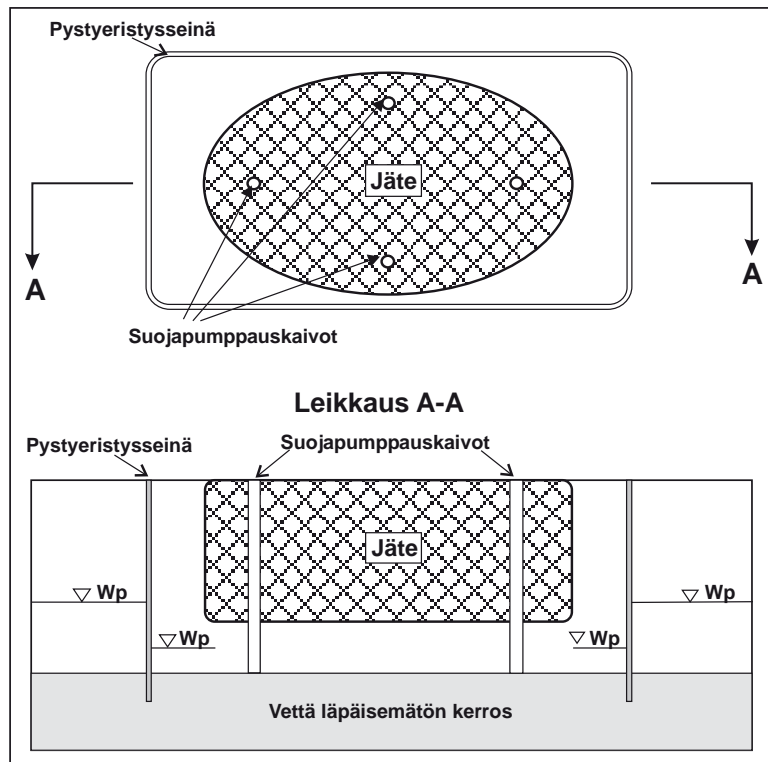
5.3

Pystyeristys

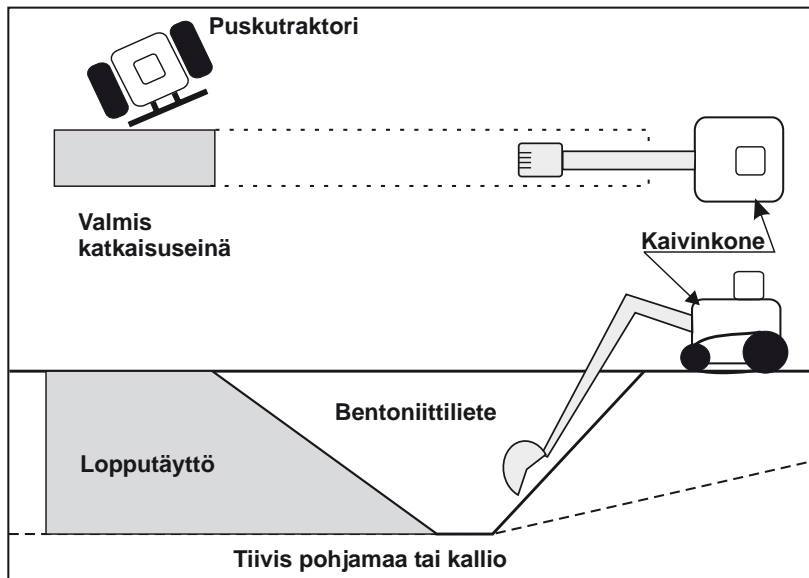
Pystyeristysseinien tarkoituksena on estää veden vaakasuuntaista virtausta siten, että pohjavesi ei joudu kosketuksiin jätetäytön kanssa tai toisaalta jätetäytöstä suotautuva vesi ei joudu kosketuksiin puhtaan pohjaveden kanssa. Pystyrakenne on mitoittettava tiiveydeltään pohjarakenteen tiiveyttä vastaavaksi. Pystyjoitusta voidaan tehostaa suojapumppauksella, jota kuitenkin on pidettävä väliaikaisena ratkaisuna. Tiivis pystyseinä rakennetaan yleensä maabentoniitistä rakennusaikaisella bentoniitti- tai slurrytuella. Kuvassa 6 on esitetty pystyeristyksen periaatepiirros. Pystyseinän pak-suudet vaihtelevat välillä 0,5–1,2 m käytettävästä maaperästä, kaivukalustosta sekä eristemateriaalista riippuen.

Pystyeristyksen yhteydessä on käytettävä maan pinnalla vaakasuuntaisia eristerakenteita, kuivatusjärjestelmiä tai vedenjohto- ja vedenkäsittelymenetelmiä. Muutoin vesipaine eristyksen takana saattaa kasvaa liian suureksi ja myös virtaus eristyksen yli on mahdollista. Mikäli pystyeristyksen alapintaa ei voida ulottaa kalliopintaan tai vedenläpäisevyydeltään riittävän tiiviiseen maakerrokseen, veden haitallista kulkeutumista eristyksen ali voidaan rajoittaa pumppaamalla. Pystyeristysseinän materiaalit joutuvat aina kosketuksiin jätetäytön suotoveden kanssa. Tapauskohtaisesti on tutkittava käytettävien eristemateriaalien kemiallinen kestävyys.

Bentoniittiseinämissä voidaan saavuttaa vedenläpäisevyydelle k -arvo $1 \cdot 10^{-8}$ m/s sementti-bentoniittiseoksilla ja $1 \cdot 10^{-9}$ m/s maa-bentoniittiseoksilla. Pystyseinä tehdään kaivamalla kapea kaivanto, johon pumpattava bentoniittiliete estää kaivannon sortumisen. Bentoniittiseinän rakentamisen periaate esitetään kuvassa 7. Maan ja bentoniitin seos (lopputäyttö) lisätään bentoniittilietettä täynnä olevaan kaivantoon, jolloin bentoniittiliete korvautuu seoksella (kuva 7).



Kuva 6. Hydraulinen eristys yhdistettynä pystyeristykseen (Daniel 1993)



Kuva 7. Pystyseinän rakentamisen periaate.

HDPE-kalvoa voidaan käyttää parantamaan seinän tiiveyttä ja kemiallista kestävyyttä. HDPE-kalvo asennetaan kaivantoon ja saumataan lukkorakenteiden avulla. HDPE-kalvon etuja ovat helppo ja nopea asennus, pitkä kestoikä, hyvä kestävyys jyrksijöitä ja juuria vastaan sekä erittäin hyvä vesitiiveys. Lisäksi rakenteen laatu voidaan dokumentoida ja koestaa työn aikana. Kalvon ja bentoniittilietteen muodostama yhdistelmä on tällä hetkellä tiivein toteutettavissa oleva pystytiivistysrakenne. (Asiasta enemmän Sarkkila ym. 2004, 71–73.)



Kuva 8. Pystyseinän rakentaminen (Myllypuron kaatopaikka)

Muut kunnostustoimenpiteet

Kohdissa 5.1–5.3 esitettyjen kunnostustoimenpiteiden lisäksi kaatopaikalla voidaan tehdä sen toiminnan loppuessa myös muita toimenpiteitä, joilla parannetaan mm. ympäristön viihtyisyyttä. Näitä toimenpiteitä voivat olla mm.:

- suojapuuston kasvattaminen jätepenkereen ja asutuksen tai muun häiriintyvän kohteen välille
- tien tai muun häiriintyvän kohteen siirto kaatopaikan vaikutusalueen ulkopuolelle
- lopettamisen vaiheistus ja täyttötoiminnan ohjaaminen siten, että jätettä läjitetään mahdollisimman kaukana häiriintyvistä kohteista
- täyttötoiminnan kehittäminen esimerkiksi pölyn sidontaa tehostamalla ja peittämällä haisevat jätteet nopeasti
- haittaeläinten tehokas torjunta

Kaatopaikan siirto

Kaatopaikkojen siirtoa käytetään pääasiassa pieneköjen pohjavesialueilla sijaitsevien riskikaatopaikkojen kunnostuksessa. Toteutus riippuu massamäärästä, kuljetus-etäisyydestä ja sijoituspaikasta.

Kaatopaikka voidaan siirtää joko nykyisille tai uusille, valvotuille kaatopaikoille taikka vanhan kaatopaikan lähetyville rakennetun tiiviin pohjarakenteen päälle. Kaatopaikan siirron jälkeen selvitetään entisen kaatopaikan pohjamaan puhtaustaso. Mikäli siinä osoittautuu olevan maaperälle haitallisia aineita, alue on puhdistettava kuten pilaantunut maa-alue. Kaatopaikan siirto tarvitsee aina ympäristöluvan.

Säöolosuhteet

Pintarakenteiden tiivistemateriaalien käsittelyssä on otettava huomioon säätilojen vaihtelut. Tiivisterakennetta ei saa tehdä pakkasella ja lumisateessa. Työn aikana on lämpötilan oltava yli +5 °C. Tiivistettävä materiaali ei saa olla jässä eikä se saa sisältää jäätä eikä lunta.

Tuuli ja auringonpaiste voivat kuivattaa tiivistettävää kerrosta liikaa. Tällöin kuivuneen mineraalisen tiivistysrakenteen pinta muuttuu helposti murenevaksi vaikeutuen tiivistystyötä ja aiheuttaen irtonaisten rakenteiden muodostumista ja pinnan halkeilua. Siksi kuivunut pinta on korjattava tai poistettava ennen uuden kerroksen levittämistä sen päälle.

Tiivistystyötä ei pääsääntöisesti saa tehdä sateella. Tarvittaessa valmiit alueet on suojattava sateelta muovilla.

Mittaukset

Rakentamisen yhteydessä tehtävien mittausten tarkkuusvaatimukset riippuvat käytettävän eristerakenteen rakennustekniikasta. Mikäli rakenteissa käytetään tiivistettäviä eristemateriaaleja, joiden materiaalikustannus on suhteellisen korkea, on varmistettava, että rakenteen paksuus kaikkialla täyttää asetetut vaatimukset. Yhdistelmärakenteiden osalta on otettava huomioon muovikalvoja käytettäessä asennuspohjan korkeat tasaisuusvaatimukset.

Mineraalisen tiivistyskerroksen paksuuden valvontaa varten mitataan alusrakenteen yläpinnan (mineraalisen tiivistyskerroksen pohjan) sijainti (x, y, z) suunnitelmissa esitetyllä tarkkuudella. Käytettäessä eristeenä levitettävää mineraalieristettä (bentoniittimatto), ei alusrakenteen korkeusaseman tarkka määrittäminen ole rakentamisen kannalta määräävä tekijä. Määräävänä tekijänä toimii tällöin salaojakerrosten oikeana pysyvä kaltevuus siten, että salaojakerroksen sisälle ei synny lätköitä, joista aiheutuisi pysyvää vedenpainetta alapuoliseen eristerakenteeseen.

Kaatopaikan käytöstä poistamista ja kunnostamistoimenpiteitä suunniteltaessa on muistettava:

- Kaatopaikan käytöstä poistamiseen tai kunnostukseen liittyvät toimet suunnitellaan perusteellisiin tutkimuksiin ja selvityksiin sekä riskien arviointiin perustuen.
- Pystyeristys soveltuu tapauksiin, joissa kaatopaikan vaakasuorat vesipäästöt on katkaistava.
- Kaatopaikan pinnan tiivistyskerros rakennetaan tiiveyteen $k < 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$, kun tavoitellaan enintään 5 % imeyntää sadannasata.

6 Vesien ja kaasun käsittely

6.1

Vesien keräily ja käsittely

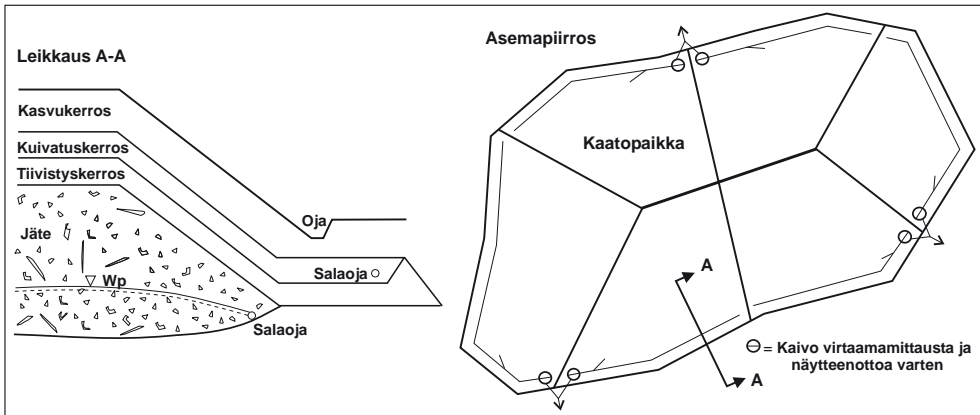
Kaatopaikka on väkevien vesien lähde ja kaatopaikkavedet voivat sisältää runsaasti muun muassa kiintoainetta, orgaanista ainesta, ravinteita sekä metalleja ja muita ympäristölle haitallisia aineita. Kaatopaikkavesien hallintaan vaikuttavat vesien laatu ja määrä. Muodostuvan veden laatuun vaikuttaa mm. kaatopaikan sisältämän jättemateriaalin koostumus ja sen ikä, kaatopaikan täyttökoneet ja -nopeus sekä kaatopaikan pintarakennusratkaisu ja ilmastolliset olosuhteet.

6.1.1

Niska- ja kokoojajohitus

Jätepenkereen ulkopuolelle vesien virtaussuuntaan kaatopaikan ”yläpuolelle” kaivetaan niskaoja, jolla estetään ulkopuolisten puhtaiden pintavaluntavesien pääsy jätepenkereeseen ja sekoittuminen likaantuneisiin kaatopaikkavesiin. Likaantuneet kaatopaikan pintavedet ja suotovedet kerätään erikseen avo- ja mahdollisin salaojituksin kaatopaikkavesien erilliskäsittelyä varten. Kaatopaikan ympärillä vettä hyvin läpäisevällä maaperällä niskaojat on syytä tiivistää siten, että puhtaat pintavaluntavedet eivät suotaudu jätepenkereeseen tai kaatopaikan pintavesien kokoojajoihin ojan pohjan kautta. Niskaojien pohjan korko pidetään jätepenkereen vieressä olevien kokoojajojen pohjan tasolla tai hiukan sitä ylempänä, jolloin kuormitettujen kaatopaikkavesien hallitsematon virtaus niskaojien kautta vesistöön estyy. Niskaojien ja kokoojajojen välinen etäisyys tulee valita siten, etteivät ojavedet pääse sekoittumaan keskenään.

Vesi poistetaan kuivatuskerroksesta yleensä salaojien kautta, joista vesi johdetaan edelleen putkien tai avo-ojien kautta (kuva 9). Mikäli vesi pääsee purkautumaan salaojakerroksesta hallitsemattomasti syntyy helposti eroosiovaurioita.



Kuva 9. Kuivatuskerroksesta ja pintavaluntaa purkautuvien puhtaiden jätevesien sekä kaatopaikkavesien keräilyjärjestelmä (Ettala 1999)

6.1.2

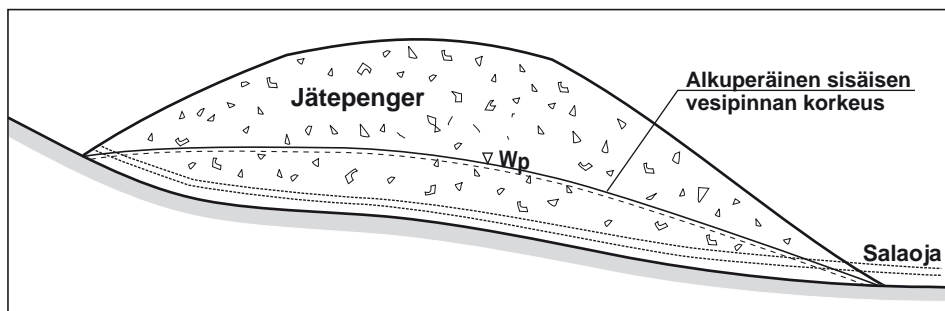
Sisäisen vesipinnan lasku

Jätepenkereen sisäisen vesipinnan laskun tavoitteena on pienentää kaatopaikan pohjana olevaa perusmaata vastaan kohdistuvaa hydrostaattista painetta ja pienentää siten pohjavesien kuormitusta sekä parantaa kaatopaikkakaasun talteenottomahdollisuuksia. Toisaalta on otettava huomioon, että jätepenkereen liiallinen kuivuminen hidastaa jätetäytön hajoamista ja kaasun tuotantoa.

Soille perustetuilla jätepenkereillä kaatopaikkavesien hallinta on ongelmallista, koska jäte on painunut vedellä kyllästyneeseen turvekerrokseen. Turvealueilla olevilla kaatopaikoilla veden virtaussuunnan muuttaminen jätepenkereeseen päin ja pumpatun sisäisen veden johtaminen käsittelyyn on tarkoituksenmukaista. Pumpauksen riskinä on tällaisilla alueilla kaatopaikan ulkopuolisten vesien lisääntyvä virtaus jätepenkereen läpi tai sitä kohti, mikä ei ole lainkaan toivottavaa.

Pystypumppaus voidaan soveltuvien osin järjestää kaatopaikkakaasun pystysuoraan keräilyjärjestelmään. Jätepenkereen huono vedenjohtavuus etenkin metsäteollisuuden jätteiden läjitysalueilla heikentää pystypumppauksen tuottoa ja vaikutus- aluetta, jolloin tehokas vesipinnan lasku edellyttää suurta kaivojen ja pumppujen lukumäärää.

Jos vaakasalaojen rakentaminen katsotaan tarpeelliseksi, ne voidaan asentaa jälkikäteen vanhan jo käytössä olevan jätepenkereen alle pengerpaksuudesta riippuen joko kaivamalla tai suuntaporauksella kuvan 10 mukaisesti. Salaojaputken halkaisijaksi suositellaan vähintään 160 mm. Vaakasalaoja on mahdollisuuksien mukaan asennettava siten, että se on puhdistettavissa ja että sen kunto on tarkistettavissa putken molemmista päistä. Vaakasalaojat toimivat painovoimaisesti, mikä on pitkän käyttöajan kuluessa pystypumppauksiin verrattuna merkittävä etu. Kaivamalla toteutetun loushalaojan kunnossapito saattaa olla ongelmallista.



Kuva 10. Salaojan asentaminen käytössä olevan jätepenkereen alle suuntaporauksella

6.1.3

Kaatopaikkaveden määrän säätely

Kaatopaikkojen aiheuttamaa vesistökuormitusta voidaan pienentää vähentämällä purkautuvan veden määrää tai parantamalla sen laatua. Pintaeristykseen lisäksi kaatopaikkaveden määrää voidaan vähentää haihduntaa tehostamalla ja auraamalla lumi jätepenkereen ulkopuolelle. Toisaalta kaatopaikan sisäisellä kosteudella on keskeinen merkitys jätteiden hajoamisessa ja pitkällä aikajänteellä jätteiden stabiloitumisessa (Kettunen 2006).

Kaatopaikkavettä voidaan kierrättää ja sen määrää vähentää siten, että sitä sadetetaan tai valutetaan suoraan jätepenkereen pinnalle. Tämä tehostaa haihduntaa, koska penkereen jatkuvasti kosteana oleva pinta pienentää kyllästysvajausta luonnontilaiseen tilanteeseen verrattuna. Pinnan tiivistyskerroksen alle johdettuna kaatopaikkaveden kierrätys ei lisää haihduntaa, vaan sen tarkoituksena on edistää jätteiden hajoamista. Kaatopaikkaveden kierrätyksellä voidaan säätää jätepenkereen kosteus sopivaksi anaerobiselle hajoamiselle, jolloin jätteen hajoamisaika yleensä lyhenee ja kuormitetun kaatopaikkaveden purkautuminen vesistöön vähenee ainakin lyhyellä tähtäimellä. Ennen menetelmän käyttöönottoa selvitetään sitä mahdollisesti rajoittavien tekijöiden kuten veden virtausta salpaavien jätteiden sijainti ja jätepenkereen vedenläpäisevyys. Kierrätettävän veden määrän on oltava alkuvaiheessa 100–300 mm vuodessa sääolosuhteiden sallimissa puitteissa. Liian suuri imeytys voi nostaa jätepenkereen sisäistä vesipintaa ja aiheuttaa liettymis-, kantavuus-, ym. ongelmia. Suunniteltaessa kaatopaikkaveden kierrätysjärjestelmää tulee muistaa, että kiintoaineen poisto voi olla tarpeen, jotta jakelujärjestelmä ei mene tukkoon. Samalla pitää varmistaa, että vesi jakautuu tasaisesti jätetäyttöön. Potentiaalisena ratkaisuna voi olla imeytyskaivojen asentaminen.

Haihduntaa voidaan tehostaa nurmetuksella tai istuttamalla alueelle nopeakasvuisia pensaita. Samalla edistetään jo täyttötoiminnan ulkopuolelle jääneiden jätealueiden maisemointia. Myös luonnonvesakoiden käyttö on mahdollista. Hyvin kasvava pajukko voi vähentää vuotuisesta sadannasta jätteeseen suotautuvaa vesimäärää

20–30 %, hyvä ruohikko 15–20 % ja huonosti kasvava ruohikko 5–10 %. Pajukasvuston haihduttava vaikutus on suuri silloin, kun pintakerrosta ei ole tiivistetty liian tehokkaasti (Liite 3). Edullisissa olosuhteissa haihdunta kasvukauden aikana pajukasvustossa voi vastata jopa koko vuosisadantaa

Kasvuston menestymisen kannalta on merkittävää mm.:

- kasteluveden laatu (käytännössä kaatopaikkavesi, käyttökelpoisuus tarkoitukseen on kuitenkin selvitettävä)
- kasteluveden määrä (enintään 500 mm/a, ei saa aiheuttaa pintavaluntaa)
- kastelutapa (ensisijaisesti sadetus)
- kasvualustan laatu ja paksuus (esim. 20–30 cm)
- istutustiheys (esim. 1–2 kpl/m²)
- kasvilaji (esim. vesipaju)

Lumen auras jätetäytön kokooajan ulkopuolelle vähentää muodostuvaa kaatopaikkavesimäärää. Auras voi tulla kysymykseen lähinnä silloin, kun jätetäytön pintarakennetta ei ole vielä tehty lopulliseen tiiveyteensä. Auras ajoitetaan alueen sijainnista riippuen maaliskuulle juuri ennen sulamiskauden alkamista. Aurauksella on arvioitu voitavan vähentää lumen määrästä ja sen vesiärvosta riippuen sadevesien suotautumista jätetäyttöön 5–10 % Helsingin, 10–15 % Kuopion ja 20–25 % Sodankylän alueella (Liite 3).

6.1.4

Kaatopaikkaveden käsittely

Kaatopaikkavesien tehokkaan käsittelyn ongelmana on niiden laadun ja määrän voimakas vaihtelu vuodenaikojen mukaan. Ongelmana on myös kaatopaikkavesien suuri määrä lähinnä keväisin. Vedet voidaan käsitellä fysikaalis-kemiallisin tai biologisin menetelmin. Taulukossa 7 on esitelty erilaisia kaatopaikkavesien käsittelymenetelmiä ja ominaisuuksia, joihin menetelmillä voidaan vaikuttaa. Kaatopaikkavesien sisältämien erilaisten epäpuhtauksien lukuisuuden vuoksi käsittelymenetelmiä on yleensä syytä yhdistellä riittävän puhdistustuloksen saavuttamiseksi.

Kaatopaikkavesien käsittelyn suunnittelussa noudatetaan samoja periaatteita ja mitoituskäytäntöjä kuin yhdyskuntien ja teollisuuden jätevedenpuhdistamolta suunniteltaessa. Suunnittelussa on kuitenkin huomioitava kaatopaikan erityisluonteen ja kaatopaikkavesien laadun vaikutukset mitoitusparametreihin, laite- ja materiaalivalintoihin sekä rakenteisiin. Tällaisia huomioitavia tekijöitä ovat kaatopaikkaveden laadun poikkeaminen viemäriveresien laadusta, veden määrän ja laadun vaihtelu, veden matala lämpötila, veden korrodoivuus ja mahdolliset saostumisongelmat.

Koska kaatopaikkavesi on voimakkaasti korrodoivaa, vesienkäsittelylaitteiden rakenteissa tulee käyttää korroosiota kestäviä materiaaleja. Tällaisia ovat esim. PEH, lasikuitu, haponkestävä teräs sekä muovikalvolla pinnoitetut teräsrakenteet.

Kaatopaikkavesien matala lämpötila (< 5 °C useita kuukausia ja valtaosa virtaamasta) vaikuttaa käsittelymenetelmän mitoitukseen. Esimerkiksi biologisten proses-

sien nopeus laskee tällöin. Suoraan jätepenkereestä puhdistamolle johdetun kaatopaikkaveden lämpötila ei laske niin matalalle kuin jos vesiä allastetaan ennen niiden johtamista puhdistukseen.

Taulukko 7. Kaatopaikkavesien käsittelymenetelmiä ja niiden vaikutus kaatopaikkaveden ominaisuuksiin (Christensen ym. 1992, U.S. EPA 1995, Kettunen 1997, Reinikainen ja Tanskanen 1992 ja Ettala 1998).

Menetelmät	Ominaisuus, johon menetelmä vaikuttaa	Huomioitavaa
1. Fysikaalis-kemialliset menetelmät		
Laskeutus, flotaatio	Kiintoaine	Harvoin riittävä käsittely yksin
Suodatus	Kiintoaine	Harvoin riittävä käsittely yksin
Kaasujen strippaus	NH ₄ -N, hajuyhdisteet (rikki)	Kaasupäästöjen hallinta
Ioninvaihto	Metallit valikoivasti, suolat	Esikäsittely- ja regenerantin jatkokäsittelytarve
Kemiallinen saostus	Metallit, kiintoaine, väri	Lietteen käsittelytarve
Kalvosuodatus	NH ₄ -N, orgaaninen aines, metallit, suolat, kiintoaine	Esikäsittelytarve
Aktiivihiiliadsorptio	Toksiset ja hydrofobiset yhdisteet, metallit, suolat, väri	Esikäsittelytarve
Kemiallinen hapetus	Orgaaninen aines, rauta, väri	Suuri kemikaaliannostus, haitalliset sivutuotteet
Haihdutus	NH ₄ -N, toksiset yhdisteet, orgaaninen aines, metallit, suolat, väri	Konsentraatin käsittelytarve, saostumien hallinta, kaasupäästöjen hallinta
2. Biologiset menetelmät		
Aerobiset, esim. aktiiviliete-prosessi, biosuodin	Orgaaninen aines, NH ₄ -N, toksiset yhdisteet (osa), metallit (osa), väri	Toksiset yhdisteet heikentävät tehoa, jälkikäsittelytarve, lietteen käsittelytarve
Anaerobiset, esim. lietepatja-reaktori, biosuodin	Orgaaninen aines, NO ₃ -N, metallit (osa), toksiset yhdisteet (osa), väri	Toksiset yhdisteet heikentävät tehoa, jälkikäsittelytarve, NH ₄ -N-poistotarve

Kaatopaikkaveden laadulle sitä vesistöön johdettaessa ei ole annettu valtakunnallisia vaatimuksia. Jos kaatopaikkavettä johdetaan vesistöön, siihen pitää saada lupa. Kaatopaikkavesien johtamiseen kunnan jätevesien puhdistamolle tarvitaan sopimus puhdistamon pitäjän kanssa. Puhdistamon pitäjä asettaa tällöin veden laatu- ja/tai kuormittavuusvaatimukset.

Tapauskohtaiseen harkintaan jää myös se, missä vaiheessa kaatopaikkavesien käsittely voidaan lopettaa. Yleisenä lähtökohtana on ympäristön pilaantumisen vaaran arviointi ympäristölainsäädännön mukaisesti. Yhdyskuntien jätevesien laadulle on valtioneuvoston päätöksellä (VNp 365/1994 ja 757/1998) annettu seuraavat enimmäispitoisuudet:

- BOD₇(ATU) 30 mgO₂/l
- COD_{Cr} 125 gO₂/l
- kiintoaine 35 mg/l
- P-kok 2 mg/l
- N-kok 15 mg/l

Kaatopaikkaveden käsittelymenetelmän valinnassa tärkeitä kriteereitä ovat lisäksi käsittelykustannukset sekä laitoksen hoito- ja huoltotoimenpiteiden tarve. Käsittelymenetelmien edullisuus riippuu kulloinkin käsiteltävän veden laadusta (esim. laimea vai väkevä vesi) ja määrästä sekä vesien käsittelyssä muodostuvien jätteiden käsittelytarpeesta. Samoin tulee ottaa huomioon prosessien vaatima tilantarve ja vesien käsittelyn liittyminen kaatopaikan muuhun toimintaan, esim. kaatopaikkakaasun hyödyntämiseen ja käsittely- tai hyödyntämismenetelmään. Liitteessä 4 on esitetty kaatopaikkaveden erillis- tai esikäsittelyä suunniteltaessa huomioitavat tekijät eri käsittelyvaihtoehdoissa. Liitteessä 5 on selvitetty kaatopaikkavesien puhdistusmenetelmien tehokkuutta uusimpien tutkimusten valossa (Kettunen ym. 2000).

Kaatopaikkavesien tasaus on tarpeen, olipa vesien käsittelymenetelmä mikä tahansa. Käsittelymenetelmän valinta kuitenkin vaikuttaa altaan mitoitukseen. Altaan vedenpinnan korkeus on syytä pitää jätepenkereen pohjatason ja mahdollisen salaoituksen alapuolella, elleivät altaan käyttötapa ja purkuajankohta ehdottomasti muuta edellytä. Kaatopaikkavesien keräilyn ja tasausallastilavuuden eriyttäminen kaatopaikan täyttöalueittain saattaa olla perusteltua, jos täyttöalueen eri osat ovat hyvin erilaisessa täyttövaiheessa ja se vaikuttaa huomattavasti kaatopaikkavesien laatuun ja määrään eri alueilla. Tällöin sadetus ja muut alueen sisäiset toimenpiteet voidaan painottaa huonolaatuisempiin vesiin ja jättää puhtaammat kaatopaikkavedet vähemmälle huomiolle. Tasausaltaat jäätyvät talviaikaan, mikä on otettava huomioon niiden käyttöä ja rakenteita suunniteltaessa.

Fysikaalis-kemiallisista menetelmistä esimerkiksi laskeutus ja suodatus vähentävät lähinnä kiintoaineksen määrää, eikä niitä voida yksinään pitää valtioneuvoston päätöksen (861/1997) edellyttämänä tehokkaana käsittelymenetelmänä. Esi-/jälkikäsittelymenetelmänä esimerkiksi hiekkasuodatus on kuitenkin perusteltu. Mikäli COD- ja BOD-kuorma ovat erittäin korkeita esimerkiksi haponmuodostusvaiheessa olevilla kaatopaikoilla, fysikaalis-kemiallisia menetelmiä on syytä täydentää biolo-

gisella esi- tai jälkikäsitteilyllä. Tehokkaimpia menetelmiä jätevesien käsittelylle ovat kalvosuodatus (esim. käänteisosmoosi ja nanosuodatus) ja haihdutus.

Biologisten menetelmien käyttöä suunniteltaessa olisi kaatopaikkavesien koostumus tutkittava ja niiden biologinen käsiteltävyys kokeellisesti selvitettävä laboratorio- tai pilot-mittakaavassa todellisissa käyttölämpötiloissa. Tällöin määritetään myös mahdollinen ravinteiden lisäystarve aerobisessa biologisessa käsittelyssä, sillä kaatopaikkaveden tulee lisätä enemmän fosforia kuin normaalin yhdyskuntajäteveden käsittelyssä ihanteellinen BOD:P = 100:1 -suhde edellyttää. Lisätty fosfori joko saostuu tai kompleksoituu kaatopaikkavedessä olevien metallien tai orgaanisen aineen kanssa, mistä johtuen liukoinen, bakteerien käytettävissä oleva fosforimäärä jää muuten liian pieneksi. Biologisessa typenpoistolaitoksessa on todettu saavutettavan hyvä puhdistustulos ympäri vuoden, vaikka kaatopaikkaveden lämpötila on matalimmillaan 3 °C.

Kaatopaikkavesien johtaminen jätevesien puhdistamolle on varteenotettava vaihtoehto kaatopaikkavesien käsittelemiseksi. Ratkaisun mahdollisuudet, vaikutukset ja toimivuus on kuitenkin arvioitava huolellisesti. Edellytyksenä on, että viemäriverkosto on kohtuullisen lähellä kaatopaikkaa ja kaatopaikkavedet voidaan käsitellä ilman, että viemärilaitoksen tai puhdistamon toiminta häiriytyy millään tavoin. Puhdistamokapasiteetin riittävyys yksinään ei siten ole peruste kaatopaikkavesien johtamiselle puhdistamolle. Käytännössä tämä tarkoittaa sen varmistamista, että kaatopaikkavesien osuus puhdistamon kuormituksesta jää riittävän pieneksi ja tasaiseksi myös kevätsulamiskaudella ja ettei kaatopaikkavesien johtaminen puhdistamolle huononna lietteen laatua. Kaatopaikkavesien osuuden puhdistamon kokonaiskuormituksesta tulee olla < 1 %, jollei ole erikseen osoitettu, että johtaminen voi tapahtua häiriöttä. Lisäksi on varmistuttava siitä, että kaatopaikkavedet eivät aiheuta haittaa viemäriverkostossa. Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston työryhmän mietinnössä 71 "Asumisjätevesistä poikkeavien jätevesien johtaminen viemäriin" todetaan, että jäteveden ammoniakki- ja ammoniumpitoisuudella 40 mg/l haitta viemäriverkolle on todennäköinen (Ympäristöministeriö 1992). Laimennuskielto huomioon ottaen kaatopaikkavesien ammoniumpitoisuus on edellä mainittua arvoa alhaisempi vain poikkeustapauksissa. Myös metaanin aiheuttama räjähdysvaara ja rikkivedyn aiheuttama työturvallisuushaitta viemäriverkossa on estettävä.

Tavanomaisen yhdyskuntajätteen kaatopaikan vedet johdetaan yleensä asumisjätevesien puhdistamolle. Kaatopaikan pitäjän on sovittava viemärilaitoksen haltijan kanssa kaatopaikkavesien johtamisesta yhdyskuntajäteveden puhdistamolle. Kaatopaikan ympäristölupaan liittyen tulee viemärilaitokselta pyytää lausunto kaatopaikkavesien johtamisesta. Kaatopaikkavesien johtaminen kemialliselle puhdistamolle on lähes hyödytöntä, koska kemiallinen saostus ei tehoa kaatopaikkaveden keskeisimpään kuormitustekijään, tyypeen. Siksi tehokkain ratkaisu on vesien käsittely typen poistolla tai nitrifikaatiolla varustetulla puhdistamolla. Tällöin on varmistettava, ettei kaatopaikkavesien alhainen lämpötila häiritse puhdistusprosesseja. Metsäteollisuuden kaatopaikkojen vedet voidaan palauttaa teollisuuden omille puhdistamoille

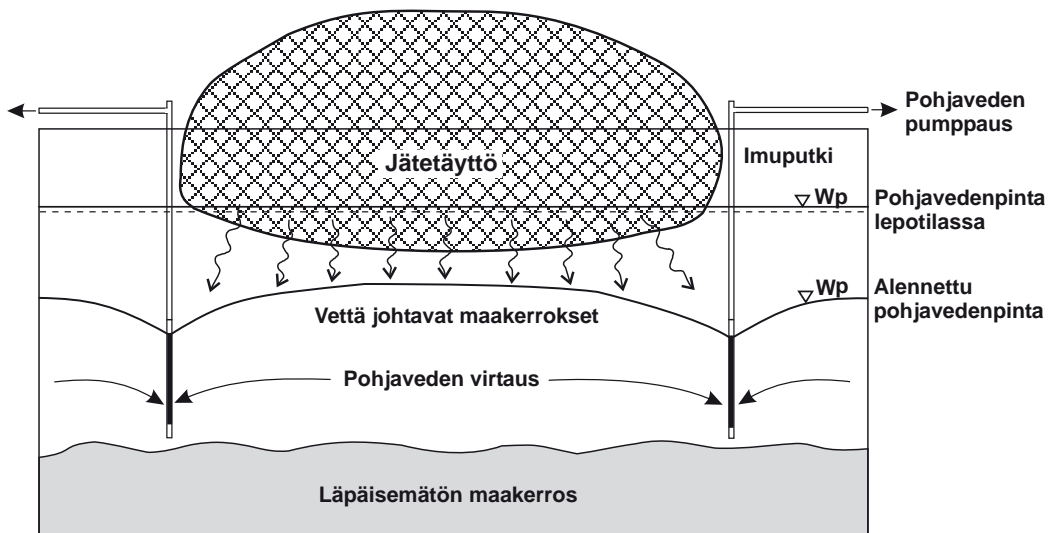
ongelmitta, sillä suotovesien laadun on todettu vastaavan tehtaiden omia jätevesiä ja niiden osuus puhdistamon tulovirtaamasta jää varsin pieneksi.

Kaatopaikkavesien maaperäkäsittely ei ole erityisen tehokas käsittelymenetelmä, sillä havaitut puhdistusvaikutukset ovat olleet vähäisiä. Lisäksi on mahdollista, että maaperään sitoutuneet haitta-aineet huuhtoutuvat ajan myötä pohjaveteen tai vesistöön.

6.1.5

Pohjaveden suojapumppaus

Pohjaveden suojapumppauksen tarkoituksena on erottaa hydraulisesti kaatopaikan likaama pohjavesi muusta pohjavedestä ja muuttaa pohjaveden virtausta haluttuihin suuntiin (kuva 11). Pumpattu pohjavesi on tarvittaessa käsiteltävä vesistökuormituksen suuruudesta riippuen luvussa 6.1.4 esitellyin menetelmin. Suojapumppaus voi olla myös yksittäistoimenpide esim. nopeuttamaan kaatopaikan sisäisen vedenpinnan laskua.



Kuva 11. Pohjaveden suojapumppaus kaatopaikan vesien erottamiseksi ympäristöstä hydraulisesti

Kaatopaikkakaasun keräily ja käsittely

Aktiivinen keräily

Vaatimus kaatopaikkakaasun keräilylle ja käsittelylle esitetään kaatopaikan ympäristöluvassa ja se perustuu valtioneuvoston päätökseen kaatopaikoista (861/1997). Aktiivisen imujärjestelmän rakentaminen vaatii lähes aina TUKES:n rakentamisluvan. Maakaasuasetusta (1058/1993) sovelletaan, kun biokaasua otetaan talteen kaatopaikoilta, suoritetaan vedenerotus ja biokaasu poltetaan kaatopaikan lähellä olevassa soihdussa. Maakaasuasetusta sovelletaan myös kun biokaasua komprimoidaan ja siirretään sekä jaetaan käytettäväksi muualla.

Kaasun imujärjestelmä suunnitellaan ja asennetaan kaatopaikalle ottaen huomioon mm. jätetäytön rakenne, imusäteet, kaasun määrä ja laatuvario (taulukko 8). Kaivoja ei pidä sijoittaa alueille, joissa on vähän biologisesti hajoavaa jätettä, runsaasti ongelmajätteitä (esimerkiksi asbestia) tai jätetäytön korkeus on alle 3–5 metriä. Usein imukaivojen sijoittelussa ja lukumäärän valinnassa auttaa kaasun emissiokartoituksen tekeminen. Kartoituksen perusteella voidaan nähdä jätetäytön eniten kaasua muodostavat alueet. Kaasu poistuu penkereestä helpoimpien kulkureittien kuten halkeamien ja karkeampien aineiden kautta. Kaatopaikkojen kerroksellisesta täytöstavasta johtuen kaasun päävirtausuunta on vaakasuoraan alueen reunoja kohti. Lopettamattoman kaatopaikan pinta on varsin epähomogeeninen, eikä pelkästään emissiomittausten perusteella voida päätellä sitä, ettei alueella ole kaasuntuotantoa. Tulee ottaa myös huomioon, että kaasujen virtausolosuhteet muuttuvat rakennustöiden aikana. Imukaivon ja putkistojen rakenteissa tulee ottaa huomioon jäte-
täytössä tapahtuva painuma, joka saattaa olla erittäin nopeaa ja alueellisesti epätasais-
ta. Suurin rasitus kohdistuu putkiston ja kaivojen liitoksiin, jotka murtuvat putkiston
painuessa. Suositeltava asennustapa on tehdä kaivon rakenteesta teleskooppimainen
siten, että yläosa voi vapaasti painua siiviläputken sisään.

Taulukko 8. Kaatopaikalla muodostuvan kaasun imujärjestelmien ominaisuuksia

	Vertikaali- eli imukaivo järjestelmä	Horisontaali- eli salaojajärjestelmä
Imusäde	20–40 m	10–25 m vaakaa 3–5 m pysty
Soveltuvuus	Yli 8 m korkeat kaatopaikat	Matalat kaatopaikat, joilla sisäinen vedenpinta on matalalla Synteettisillä kalvolla peitettävät kaatopaikat Kaasunkeräyskerrokseen
Edut	Hyvä tehokkuus Säätö helppoa Veden pumppaus kaivosta mahdollinen Runsaasti käyttökokemuksia	Helppo asentaa täytön yhteydessä, ei rajoita täyttöä Vesiä voidaan johtaa samassa rakenteessa Runsaasti käyttökokemuksia
Haitat	Ei sovellu matalille täyttöalueille Reikien teko jätetäyttöön on usein ongelmallista Kaivolta lähtevä putkisto altis painumille	Vesi aiheuttaa usein ongelmia Tarvitaan useita kerroksia korkeassa täytössä Imupainetta ei voida hallita koko pituudelta Kestävää salaojaputkea riittäväällä rei'ityksellä on hankala löytää

Materiaalien on oltava painoltaan ja kestävyydeltään kaatopaikalle soveltuvia. Ras-
kaita betonirakenteita ja korroosiolle alttiita materiaaleja tulee välttää. Kaatopaikan
sisäisissä rakenteissa usein käytetty materiaali on PEH, paineluokka PN10 (kaasuluo-
kitus PN4/S5). Käytössä olevilla kaatopaikoilla imukaivojen yläosat tulee rakentaa
ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä. Imukaivot tehdään lyömällä tai
poraamalla jätteeseen reikä, johon sujutetaan 140–160 mm polyeteenistä valmistettu
siiviläputki. Nykyään suositaan jopa 1000 mm halkaisijaltaan olevia imukaivoja.
Putken ympärille valutetaan soraa ja yläpään asennetaan kaasutiivis liitos siirto-
putkeen. Keskeinen tekijä kaivojen toiminnalle on tiivistys kaivon yläosan ympärillä.
Tiivistyksessä voidaan käyttää muovia, joka kiristetään pannalla kaivon yläosan
ympäri, mutta yleisessä käytössä on myös savi ja tuhkat. Mikäli penkka painuu
eri tahtiin kuin kaivo, niin pannalla kiristetty muovirakenne hajoaa. Painuvassa
penkereessä liitosrakenteen pitää sallia muodonmuutokset.

Pystysuorien imukaivojen vaihtoehtona on rakentaa imujärjestelmä vaakatasoon
salaojina. Tällöin salaojasoran sisään sijoitetaan tarkoitukseen soveltuvaa rei'itettyä
PEH-putkistoa. Talteenottoasteen parantamiseksi kaivantoon levitetään runsaasti
karkeaa soraa tai muuta inerttiä materiaalia, joka johtaa kaasua. Vaakasalaojat ovat
matalilla ja pienehköillä kaatopaikoilla oikeutettuja ja toimivia. Vaakasalaojilla saa-
daan enemmän imupinta-alaa kuin pystysalaojilla eikä vaakasalaojien rakentamiseen
tarvita kallista erikoiskalustoa kuten pystykaivojen rakentamiseen. Vaakasalaojat pi-
tää kuitenkin asentaa kaatopaikan sisäisen vedenpinnan yläpuolelle, muuten ne eivät
toimi. Vaakasalaojien heikkoutena on se, että niiden rakentaminen on aikaa vievää
ja ne kuluttavat kaatopaikan kallista täyttötilavuutta enemmän kuin pystykaivot.
Edelleen vaakasalaojat joudutaan rakentamaan aina kerroksittain uudelleen, jotta

kaasunkeräys voidaan ulottaa täytön edetessä koko penkan alueelle. Pystykaivo imee koko jätetäytön paksuudelta. Vaakasalaojien heikkoutena on lisäksi niiden huono säädettävyys ja imuvaikutuksen epätasainen jakautuminen.

Kaasunkeräysputkiston sijoituksessa on kaksi päävaihtoehtoa: yhdistää yksittäiset imukaivot pumppaamolle tai yhdistää imukaivot ala-asemiin, joista kaasu siirretään kokoojaputkistolla pumppaamolle. Yleensä kaatopaikan koko ratkaisee yksittäisten imulinjojen vetopituudet. Suomen olosuhteissa putkisto on syytä tuoda jokaiselta imukaivolta pumppaamolle erikseen. Mittaus- ja säätötyö voidaan tehdä tällöin pumppaamon sisätiloissa, jolloin vältytään mittalaitteiden jäätymisongelmilta.

Kaasun lämpötila imukaivon yläosassa vaihtelee useimmiten välillä 5–30 °C. Lämmin kaasu sisältää vesihöyryä jopa 30 g/m³. Lähellä pintaa virratessaan kaasu jäähtyy ja vesihöyry tiivistyy putkistoon vedeksi. Veden poistamiseksi putkisto on rakennettava pääsääntöisesti yli 5 % kaltevuudella ja sijoitettava routarajan alle, jotta kondensaatin aiheuttamilta ongelmilta vältytään. Putkistoon tiivistyvä vesi on yleisin ongelmia aiheuttava tekijä laitoksilla. Putkiston painumista ja oikean kaltevuuden säilymistä on syytä seurata säännöllisesti jätetäytön alueella.

Kaatopaikkakaasun keräilyverkostoon kuuluvan pumppaamon tehtävänä on saada aikaan jätetäyttöön riittävä alipaine siten, että kaasun virtaus kaatopaikalta sen ympäristöön estyy. Kaasupumppuina käytetään sivukanaali- ja kiertomäntäpuhaltimia, joilla saavutetaan tarvittaessa noin 800 mbar:n paine-ero. Pumppauksen aikana ilma virtaa kaatopaikkaan päin, hajuhaitat poistuvat ja kasvillisuudelle suotuisat olosuhteet säilyvät pintakerroksessa. Olennaista on säätää imu siten, että happi ei kulkeudu syvälle jätetäyttöön. Pumppaamon mitoituksessa, materiaali- ja laitevalinnoissa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin asioihin:

- pumppauskapasiteetti ja säätöalue
- imupaineen ja virtauksen säätömenetelmä
- paine kompressoriaseman jälkeen (siirtoputkiston koko, pituus, hyötykäyttölaitteiden tarvitsema kaasun paine)
- vedenerotus tulevasta kaasusta
- kaasun kuivaustarve pitkällä siirtoetäisyyksillä
- tilaluokitus (kyseessä on räjähdysvaarallinen tila)
- käyttöturvallisuus, mittaukset ja analysaattorit (vähintään CH₄ ja O₂)
- soihutupoltin (kontrolloitu korkealämpötilapoltto 1200 °C, viiveaika 0,3 s)
- dokumentointi
- käytettävyys

Kaatopaikkakaasua on myös mahdollista polttaa kaivokohtaisesti. Tällöin ei tarvita imuputkistoja eikä pumppuasemaa. Pystykaivon päälle asennetaan betonilaatta, jonka läpi pystyputki tulee liitettäväksi polttimeen imuputkeen. Poltin on itseimevä ja täysautomaattinen (Heininen 2002).

Käyttöturvallisuuden kannalta oleelliset tekijät ovat tilaluokituksen mukainen instrumentointi, automaatio ja sähköistys sekä laitoksen automaattinen toiminta häiriötilanteissa. Jatkuvatoimiset metaani- ja happianalysaattorit seuraavat kaasun

koostumusta ja aiheuttavat räjähdysvaarasta aiheutuvan laitoksen alasajon, jos kaasun happipitoisuus kohoaa yli tai metaanipitoisuus laskee alle hälytysrajan (taulukko 9). Myös huoneilmasta mitataan palavien kaasujen pitoisuutta. Metaanipitoisuuden mittauksessa infrapunatekniikkaan perustuvat laitteet ovat osoittautuneet hyviksi. Happea mitataan yleisesti paramagneettisilla analysaattoreilla ja elektrokemiallisilla kennoilla. Virtausmittauksissa usein käytetty ja hyvin toimiva tekniikka on keskiarvopitotutki-mittaus ja turbiinimittaus. Kaatopaikan henkilökunnalle kerrotaan kaasun aiheuttamista vaaroista ja kaasusta varoitetaan kaatopaikka-alueella myös kyltein.

Taulukko 9. Kaatopaikkakaasulaitoksen valvonta

Mitattu suure	Syttymisraja	Pysäytys	Hälytys
Kaasun metaanipitoisuus	12,5 %	25 %	30 %
Kaasun happipitoisuus	11,6 %	6 %	3 %
Huoneilman metaanipitoisuus	5 %	2,5 %	1 %

6.2.2

Kaasun energian hyödyntäminen

Mikäli mahdollista kaatopaikkakaasun sisältämä energia tulisi hyödyntää sähkön- tai lämpöenergian tuotannossa tai suoraan metaanina. Jos hyödyntäminen ei ole teknisesti mahdollista tai sille on taloudellisia esteitä, kaasu on käsiteltävä polttamalla tai biologisesti. Kaatopaikkakaasun keräys on syytä järjestää jo kaatopaikan käytössäolon aikana, jotta mahdollisimman suuri osa metaanista saataisiin talteen. Lupaviranomaisilla on kuitenkin mahdollisuus lieventää kaasun keräämistä, hyödyntämistä ja käsittelyä koskevia määräyksiä.

Kaatopaikkakaasun keräilyllä ja poltolla on keskeinen merkitys kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämisessä Suomessa. Kaatopaikalla muodostuva biokaasu sisältää yleensä haitallisia kloori- ja fluorihilivetyjä pitoisuuksina 0–300 mg/m³. Hallitsematon poltto ulkoilmassa tai epätasainen lämpötilajakauma palotilassa saattaa johtaa erittäin haitallisten palamistuotteiden syntymiseen. Tämän vuoksi kaasu on myös soihtupoltossa poltettava riittävällä ilmakertoimella ja sekoituksella, 1000–1200 °C lämpötilassa, 0,3 s ajan hyvän palamistuloksen aikaansaamiseksi. Soihtupoltton avulla on kaatopaikoilla syntyvää metaania tuhottu ja muutettu vähemmän haitalliseksi hiilidioksidiksi vuodesta 2002 asti, jolloin kaatopaikoilla syntyvän kaasun kerääminen ja käsittely tuli pakolliseksi. Soihtupoltossa ei voida kuitenkaan hyödyntää metaanin sisältämää energiaa.

Metaani on lämpöarvoltaan merkittävä energianlähde. Kuutiometri kaasua sisältää energiaa keskimäärin 4,5 kWh (jos kaasussa on 50 % metaania) eli kaksi kuutiota kaasua vastaa noin litraa öljyä. Polttoainetehoa saadaan yleensä 100–200 kW kaatopaik-

kahehtaaria kohti. Parhaimmillaan kuutiometristä kaasua voidaan tuottaa sähköä noin 1,5 kWh ja lämpöä 2,5 kWh tai vaihtoehtoisesti pelkästään lämpöä 4 kWh. Näin ollen 10 ha kaatopaikasta on mahdollista saada talteen vuosittain 4200 MWh sähköä ja 7000 MWh lämpöä kaasumoottorivoimalaitoksessa. Vaihtoehtoisesti lämpöä voidaan tuottaa lämpökeskuksessa noin 11000 MWh.

Biokaasua voidaan hyödyntää sekä sellaisenaan että puhdistamattomana. Biokaasu ei silti sellaisenaan sovi kaikkien tekniikoiden avulla hyödynnettäväksi, sillä sen polttoon liittyy korroosio- ja likaantumisongelmia. Biokaasutekniikat ja laitteistot kuitenkin kehittyvät jatkuvasti. On arvioitu, että Suomessa kaatopaikkakaasujen hyödyntäminen voi vähän lisääntyä. Teknis-taloudellinen lisäkäyttöpotentiaali VTT:n arvion mukaan on noin 1,3 PJ (0,36 TWh) vuoteen 2010 mennessä (Helynen ym. 2005, 9).

Lämmöntuotannossa biokaasusta voidaan tuottaa lämpöä lämpövoimalassa tai pienemmissä lämpökattiloissa. Vanhojen polttolaitosten käyttö biokaasun hyödyntämiseksi poltossa on usein mahdollista pienillä teknisillä muutoksilla. Kattilapoltossa on korkea lämmöntuotannon hyötysuhde, jopa yli 90 % (Latvala 2005).

Biokaasun käyttöön lämmöntuotannossa liittyy kaksi ongelmaa. Ensinnäkin tuotanto on taloudellisesti kannattavaa vain jos lähistöllä on sopiva lämmön käyttökohde. Nykyiset kaatopaikat on kuitenkin tyypillisesti sijoitettu kauas taajamista ja kaukolämpöverkoista, jolloin kaasun siirto lisää hyödyntämiskustannuksia merkittävästi. Toinen ongelma liittyy kausivaihteluun. Kaatopaikkakaasua syntyy runsaimmin kesällä, jolloin sen käyttötarve lämmitykseen on vähäisintä. Kaasun varastointi kausivaihtelun tasaamiseksi on isommassa määrin hankalaa. Jos lämmitysenergiaa kuitenkin tarvitaan suuria määriä kaatopaikan lähistöllä, niin biokaasulla voidaan korvata merkittäviä määriä fossiilisia polttoaineita.

Biokaasua voidaan siirtää siirtoputkistolla ja siihen soveltuu maakaasun siirtoon käytetty tekniikka. Puhdistettua kaasua voidaan siirtää myös säiliöautoilla. Putkistoa pitkin siirrettäessä kaasu tulee ensin kuivata.

Biokaasua voidaan tehokkaammin hyödyntää yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa. Kaasusta voidaan tuottaa sähköenergiaa silloinkin kun lämmitystarve on vähäinen. Biokaasun yhdistetyssä lämmön- ja sähköntuotannossa käytettyjä laitteistoja on olemassa eri kokoluokissa, 30 kW:n pienistä mikroturbiineista alkaen aina usean megawatin voimalaitoksiin asti. Mikroturbiineja voidaan käyttää erityisesti kaatopaikan läheisyydessä, ja ne ovat joustava ja hyvä vaihtoehto kun pieni polttoaineteho on riittävä. Polttoaineteholtaan seuraava mahdollisuus on käyttää kaasumoottoria, jossa sähköä tuottavaa generaattoria pyöritetään polttomoottorin avulla. Moottorivoimalaitoksissa voidaan saavuttaa parempi hyötysuhde kuin mikroturbiinisovelluksissa ja niitä on helppo käyttää varavoimalaitoksina. Biokaasun käyttö moottorivoimalaitosten polttoaineena lisää kuitenkin niiden käyttökustannuksia johtuen korroosiosta, likaantumisesta ja lisääntyneestä huollontarpeesta.

Biokaasu soveltuu käytettäväksi polttoaineena isoissa voimalaitoksissa, ja sitä voi-

daan polttaa myös muiden polttoaineiden kanssa. Voimalaitoksissa leijukerros poltto on paras vaihtoehto. Isoissa voimalaitoksissa biokaasulla on yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa hyvä kokonaishyötysuhde.

Jos biokaasua hyödynnetään liikennepolttoaineena, se pitää puhdistaa, jalostaa ja paineistaa. Metaaniksi jalostettu biokaasu soveltuu liikennepolttoaineeksi. Se vastaa käytössä maakaasua ja soveltuu siksi maakaasua käyttävien autojen polttoaineeksi. Puhdistettu biokaasu onkin ympäristövaikutusten suhteen erittäin hyvä liikennepolttoaine (Saarniaho 2007).



Kuva 12. Kaatopaikkakaasusta voimansa saavat sähkögeneraattorit tuottavat sähköä, josta osa voidaan käyttää kaatopaikan omiin tarpeisiin ja osa syöttää sähköverkkoon.

Biologinen käsittely

Biologisella kaatopaikkakaasun käsittelyllä tarkoitetaan mikro-organismien toimintaan perustuvaa metaanin hapettumista kaatopaikan pintakerroksessa tai erillisissä biosuotimissa ($\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$). Myös haisevat rikkiyhdisteet hapettuvat pintakerroksessa. Kaatopaikkakaasun biologista hapettumista voidaan tehostaa levittämällä esimerkiksi kompostia jätepenkereen pintaan tai rakentamalla yksittäisiin kaasun purkautumiskohtiin biosuodin. Kompostia käytettäessä on kuitenkin otettava huomioon siitä mahdollisesti aiheutuva lisääntyvä ympäristökuormitus. Kaasusta varoitetaan kaatopaikka-alueella kyltein ja henkilökunnalle kerrotaan kaasun aiheuttamista vaaroista.

Metaania hapettavien mikro-organismien toiminnalle oleellisia tekijöitä pintakerroksessa tai biosuotimessa ovat:

- lämpötila (optimi 25–36 °C)
- kosteus (optimi 10–15 %)
- happi
- orgaaninen hiilipitoisuus ja ravinteet
- materiaalin huokoisuus

Kunnossapitotoimenpitein on huolehdittava siitä, että edellä mainitut mikro-organismien optimaaliset toimintaolosuhteet kuten ravinnetilanne pintakerroksessa ja sen huokoisuus säilyvät. Koska Suomen olosuhteissa pintakerroksessa ei voida ylläpitää käsittelyssä tarvittavaa optimilämpötilaa, biologisella käsittelyllä ei ole saavutettavissa parasta teoreettisesti mahdollista kaasunkäsittelyn lopputulosta.

Mikäli kaatopaikalla pyritään tiiviillä pintakerroksella pienentämään jätepenkereeseen imeytyvää vesimäärää, kaatopaikkakaasun purkautuminen pintakerroksen läpi estyy. Jos kaasun johtamiseen ja tasaiseen jakamiseen liittyviä toimenpiteitä ei toteuteta, niin tällöin tiivistyskerroksen toimivuus vaarantuu kaasunmuodostuksen takia. Kaatopaikkakaasun tulee johtaa tiivistyskerroksen läpi hallitusti joko suoraan tai putkistoja käyttäen kuivatuskerrokseen (Ettala ja Väisänen 1999). Kuivatus- ja pintakerrokseen voidaan johtaa myös ilmaa ja/tai kosteutta suotuisien olosuhteiden luomiseksi mikro-organismien toiminnalle. Liitteessä 6 on esitetty kulkukaavio kaatopaikkavesien ja -kaasujen keräilystä, käsittelystä ja tarkkailusta. Liitteessä 7 on esitetty kahdessa laboratoriotutkimuksessa saatuja tuloksia erityyppisten kompostien ja maalajien hapetuskapasiteetista 18–19 °C:n lämpötilassa.

Kaatopaikkaveden ja kaatopaikkakaasun keräilyä ja käsittelyä suunniteltaessa on muistettava:

- Kaatopaikan sisäisen vesipinnan lasku voidaan tarvittaessa toteuttaa suunta-porausta käyttäen tai muiden ojitus- ja pumppausjärjestelyiden avulla.
- Kaatopaikalta purkautuvaa vesimäärää voidaan pienentää auraamalla lumi ja kierrättämällä vettä tai tehostamalla haihduntaa.
- Puhtaat ja likaantuneet kaatopaikkavedet on pidettävä erillään ojitusjärjestelyin.
- Kaatopaikkavedet puhdistetaan riittävän tehokkaalla puhdistusmenetelmällä joko paikan päällä tai johdetaan jätevesien puhdistamolle, mikäli siitä ei aiheudu haittaa tämän toiminnalle.
- Kaatopaikkakaasut on kerättävä ja käsiteltävä tai hyödynnettävä tapauskohtaisesti tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan.

7 Suunnittelu

7.1

Yleistä

Kaatopaikan lopettamissuunnitelmassa käsitellään yleensä pintarakenteet sekä suotovesien ja kaasujen hallitsemiseksi tehtävät rakenteet. Reunaehdoja suunnittelulle asettavat mm. valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/1997), ympäristölupa, rakennuspaikan olosuhteet, muodostuvat kustannukset ja osapuolten vastuut. Lopettamissuunnittelu jakautuu normaalisti kahteen erilliseen päävaiheeseen: yleissuunnitelman laadintaan ja rakennussuunnitelman laadintaan. Yleissuunnitelmaa käytetään yleensä ympäristölupaa haettaessa. Lupahakemuksen yleiset sisältövaatimukset on kirjattu ympäristönsuojeluasetuksen (169/2000) 3 lukuun. Hakemuksen laatijan pätevyysvaatimuksista määrätään YsA 8 §:ssä, jossa häneltä edellytetään riittävää asiantuntemusta tehtävässään. Myös rakennuttajan intressin mukaista on valita kokenut ja asiantunteva suunnittelija, joka osaa auttaa rakennuttajaa mieluimmin jopa koko hankkeen aikana. Suunnittelijan vallinnassa pitää kiinnittää huomiota sekä yksittäisen suunnittelijan pätevyYTEEN että hänen käytettävissään olevan suunnitteluaineiston käyttökelpoisuuteen. Pätevällä suunnittelijalla on oltava suunnittelijakoulutusta, materiaalitekniikan ja geotekniikan tuntemusta sekä työmaatekniikan ja rakennustoiminnan osaamista. On muistettava, että puutteellinen tai virheellinen suunnitelma saattaa kasvattaa hankkeen kokonaiskustannuksia paljon enemmän kuin suunnittelukustannuksista tinkimällä saavutetaan säästöä.

Rakennussuunnittelu on ajoitettava niin, että lopullisessa suunnitelmassa voidaan ottaa huomioon ympäristöluvassa asetetut lupaehdot. Ennen rakentamisen aloittamista on vielä laadittava mittausuunnitelma, joka käsittää mm. mittausmenetelmät ja -tavat sekä muita rakentamisessa tarvittavia tarkennettuja suunnitelmia kuten työmaasuunnitelma, työturvallisuussuunnitelma ja laadunvarmistussuunnitelma. Lupavaiheen suunnitteluaineistoa voidaan käyttää hankkeen toteuttamistavasta johtuvien tarpeellisten sopimusasiakirjojen osana, joita tarvitaan kun hankkeelle on valittu toteuttaja.

Jotta kaatopaikan käytöstä poistaminen onnistuu kokonaisuutena, on suunnitelmalle asetettava tiettyjä laadullisia vaatimuksia. Rakentamisen edullisuus on yleinen tavoite mutta sitä ei saa tavoitella rakenteiden toimivuuden kustannuksella. Myös rakenteiden pitkäaikaiskestävyys on otettava huomioon suunnitelmassa. Suunnitelman perusteella pitää myös olla mahdollista laskea yksiselitteisesti toteutuksen hinta urakkatarjouksia varten siten, että urakkatarjoukset ovat vertailukelpoisia. Suunnitelmien tulisi mahdollistaa tasapuolinen kilpailutilanne.

Lupaviranomaisen rooli suunnittelussa on tarkistaa, että suunnitelma täyttää ympäristöluvan myöntämisen edellytykset. On suositeltavaa, että lupaviranomainen on

mukana jo suunnitteluprosessin varhaisessa vaiheessa, jotta hanke täyttää kaikissa vaiheissaan lupakäsittelyssä ja lupaharkinnassa vaadittavat edellytykset.

7.2

Suunnittelijan rooli

Suunnittelijalla on vastuu rakenteiden teknisestä toimivuudesta. Suunnittelija ei voi siirtää rakenteiden mitoittamiseen liittyviä asioita urakoitsijan tai viranomaisen vastuulle.

Suunnittelija laatii toteutukseen liittyvät tekniset asiakirjat eli työselityksen, jossa on esitettävä yhdessä kohdassa kaikki kulloisellekin työsuoritukselle ja rakennusosalle asetetut vaatimukset, materiaalmäärittelyt ja työtavat. Suunnittelija valitsee rakenneratkaisut ja selvittää rakenteiden optimoinnin (3D-tarkastelu), massatasapainon, luiskien kaltevuudet ja niiden stabiliteetin. Suunnittelija laatii usein myös juridisia asiakirjoja (urakkaohjelma) yhteistyössä rakennuttajan kanssa. Suunnittelijan pitäisi olla mukana urakkaneuvotteluissa erityisesti, jos neuvotteluissa esitetään suunnitelman materiaaleille vaihtoehtoisia materiaaleja tai rakenteita. Silloin suunnittelija arvioi soveltuvuuden kohteeseen ja laatii tarvittaessa uudet suunnitelmat laatuvaatimuksineen. Liitteessä 8 on esitetty kaatopaikkojen lopettamissuunnittelussa huomioitavia näkökohtia ja suunnitelmien tarkastusjärjestys.

7.3

Yleissuunnitelma

Yleissuunnitelman tulee sisältää mm. seuraavat osat:

- yhteenveto kaatopaikalla tehdyistä tutkimuksista
- yhteenveto riskien arvioinneista
- kunnostustarpeen määrittäminen ja kiireellisyys
- teknisten ratkaisujen valinnat
- alustavat kustannusarviot ja selvitykset hankkeen rahoitusmahdollisuuksista
- laatuvaatimukset

Yleissuunnitteluvaiheessa laadittavat asiakirjat on tarkoitettu ensisijaisesti rakennuttajan, kaatopaikan haltijan/käyttäjän ja viranomaisten käyttöön. Ne ovat keskeisiä asiakirjoja myös ympäristölupakäsittelyssä. Yleissuunnittelun yhteydessä valitaan mm. rakennetyypit ja tehdään niiden mitoitus lähtötietojen perusteella ottaen lisäksi huomioon rakenteisiin käytettävien materiaalien saatavuus ja kustannukset. Suunnitelmien perusteella täytyy kyetä osoittamaan rakenteiden toimivuus ja laatimaan hankkeen kustannusarviot.

Yleissuunnitelmavaiheessa määritetään mm. käytettävät kunnostusmenetelmät, materiaalit ja mineraaliset kerrokset sisältäen tärkeimmät pääläatuvaatimukset (yksiselitteiset materiaalmääritykset, rakeisuudet, vedenläpäisevyydet, kerrospaksuudet, rakenneosien ja työsuoritusten määrittely ja liittymiset muihin rakenteisiin.)

Yleissuunnitelman asiakirjat sisältävät dokumentaation niistä suunnittelun lähtökohdista, perusteista ja mitoituslaskennoista sekä niistä laki-, ohje- ja kirjallisuustiedoista, joihin esitetyt rakenneratkaisut sekä muut valinnat perustuvat. Suunnitelman tulostukseen kuuluu suunnitelmaselostus, kartta-, leikkaus- ja rakennetyyppi- ja piirustukset sekä tapauskohtaiset liitteet. On myös harkittava ja sovittava, missä muodossa aineiston pitää olla, ja digitaalisten aineistojen osalta tulee päättää myös tiedostomuodot. Tutkimuksiin viitattaessa on esitettävä lähdeviitteet.

Rakennussuunnitelma

- riittävän yksityiskohtaiset suunnitelmat työn asianmukaista teknistä suoritus-
ta, määrälaskentaa ja urakan hinnoittelua varten
- määräykset materiaalien ja rakenteiden suunnitelmanmukaisuuden toden-
tamisesta (laadunvalvontasuunnitelma) sekä poikkeavuuksista aiheutuvista
toimenpiteistä
- ohjeet ja määräykset materiaalien varastoinnista ja käsittelystä työmaalla,
rakennus- ja asennustöitä rajoittavista olosuhdetekijöistä kuten ilmasto-
olosuhteet sekä valmiiden rakenteiden työnaikaisista kuormitusrajoituksista
kuten työmaaliikenne

86 Ympäristöhallinnon ohjeita 1 | 2008

Teknisten asiakirjojen eli varsinaisten rakennussuunnitelmien (työselitys, suunnitelmapiiirustukset) lisäksi tarvitaan urakkamuotoista toteutusta varten myös muita rakentamista ohjaavia asiakirjoja kuten urakkaohjelma.

Useiden vaihtoehtojen tai epäselvien vaatimusten esittäminen suunnitelmassa vaikeuttaa urakkakilpailun käymistä ja voi johtaa korvauksiin markkinatuomioistuimessa.

7.5

Mittaussuunnitelma

Urakoitsijan tulee laatia ennen työn aloittamista mittaussuunnitelma, jossa hän esittää mittausmenetelmän sekä tavan, jolla suunnitelmissa oleva tieto siirretään maastoon. Mittaussuunnitelmassa tulee kuvata käytettävä mittauskalusto ja koordinaattijärjestelmä sekä kuinka koordinaattitietoja käsitellään.

Suunnitteluvaiheessa on määritettävä mittausverkon tiheys siten, että mittauspisteiden välillä olevat mahdolliset epätasaisuudet eivät aiheuta rakenteeseen vaadittujen minimipaksuuksien alituksia.

Mittaussuunnitelmassa esitettäviä asioita (vastuuosapuolet ja toteutustapa):

- henkilöstö
- mittauskalusto
- käytettävät kiintopisteet ja koordinaatisto
 - asiakirjat täysillä koordinaattiluvuilla
- suunnitelmatiedon lähteet ja keruu-/siirtotapa
- mittauksen koodaus/koodilista, piirtosäännöt
- mittaustiheydet/-määrät
- merkintätavat maastoon
- mittaustulosten purku, käsittely ja tarkistaminen
 - käytettävät työvälineet
 - mittausten tulostaminen
 - tarkistuksen ja tulostamisen aikataulu
 - mittaustulosten säilyttäminen/arkistointi
- tulosten graafinen esitystapa ja merkinnät
 - kaikki mittaustulosteet esitetään koordinaatistossa olevalla suunnitelma-kartalla
 - mittaustulosten on oltava ymmärrettäviä suoraan tulosteesta
 - esitys erittelemättöminä hajapisteinä ei ole hyväksyttävää
 - merkkien selitykset
 - mittapoikkeamien esittäminen
 - tulosteiden on oltava tarkasteltavissa mustavalkoisina kopioina
 - paksuustarkastelu toteutuneelle rakenteelle
- dokumenttien toimittaminen: kenelle, milloin, missä muodossa
 - mittaustulosten hyväksyminen, poikkeamat

- tarkepiirustukset toteutumasta
- mitä toimitetaan työn aikana paperilla/sähköisesti ja miten (formaatit)
- loppuraporttiin liitettävät tulosteet (sisältö)

Kaatopaikan lopettamissuunnitelman vaiheet:

- Yleissuunnitelmaa käytetään tavallisesti ympäristölupaa haettaessa.
- Rakennussuunnitelma käsittää rakenteiden toteutusta varten tarvittavien teknisten asiakirjojen laatimisen.
- Mittaussuunnitelmassa kuvataan käytettävät mittausmenetelmät.

8 Lopettamisprosessin kulku ja osapuolten vastuut

8.1

Käyttövaihe

Kaatopaikkaa käytetään ympäristöluvan mukaisesti. Ympäristöluvassa on käytöstä poistamisesta yleensä annettu vain yleisluonteisia määräyksiä mutta siinä tulisi kuitenkin aina yleissuunnitelmaan perustuen määrätä käytöstä poistamisen periaatteet ja lopettamisrakenteiden suojaustaso. Ympäristöluvassa tulisi myös antaa määräykset rakennushankkeen valvonnan järjestämisestä ja ottaa kantaa siihen, mitä luvanhakijalta asiassa edellytetään. Lain mukaan hankkeen tarkkailuohjelma ja sen muutokset on käsiteltävä kuin ympäristölupa. Pilaantuneiden maiden ja jätteiden hyödyntäminen käytöstä poistamisessa tarvitsee erillisen ympäristöluvan. Ympäristöluvan myöntää alueellinen ympäristökeskus.

Ennen kaatopaikan sulkemista siitä on tehtävä perustilaselvitys (ks. luku 4.1) sekä suunnitelma, josta ilmenee jätetäytön lopullinen muotoilu, kaasunkeräilyn ja mahdollisen suotoveden kierrätyksen vaatimat rakenteet sekä kaasunkäsittelyn toteutustapa. Ympäristökeskus tarkastaa asiakirjat valvontatoimena.

8.2

Sulkemisvaihe

Kun kaatopaikan tai sen osan käyttö lopetetaan, tulee se välittömästi esipeittää ja muotoilla kuivatuksen kannalta edulliseen muotoon. Mikäli kaatopaikan suotovettä aiotaan kierrättää jätetäyttöön, tulee jo tässä vaiheessa asentaa kierrätyksen vaatimat rakenteet. Samalla tulee asentaa kaasun keräilyjärjestelmä ja aloittaa kaasun käsittely mahdollisuuksien mukaan. Jos kaasua hyödynnetään sulkemisaikana, kaasunsaannin parantamiseksi on hyödyllistä käyttää väliaikaista tiivistä kalvoa jätetäytön pinnalla.

Painuman seuranta varten tulee asentaa painumalevyt tai määrittää ja mitata tarkasti vaaituslinjat. Painumatarkkailu on aloitettava hyvissä ajoin ennen varsinaista lopettamissuunnittelua. Rakentamista varten maastoon tuotuja kiintopisteitä voidaan käyttää hyväksi myös myöhemmässä tarkkailuverkkojen rakentamisessa ja seurantamittauksissa. Kaatopaikkapenkereen ympärille on sijoitettava vähintään kolme kiintopistettä, joiden avulla voidaan tehdä sekä painuman seurantamittauksia että rakentamiseen liittyviä mittauksia. Kaatopaikan lopettamisessa on kiinnitettävä huomiota penkereiden kaltevuuksiin, jotta pintavesi poistuu tehokkaasti myös painumisen edetessä.

Sulkemisvaiheen toimista vastaa kaatopaikan pitäjä ja sitä valvoo alueellinen ympäristökeskus.

Painumisvaihe

Sulkemisen jälkeen jätetäyttö alkaa painua vaihtelevasti. Painumisen nopeus, määrä ja kesto riippuvat jätteen laadusta, käytön aikana tehdystä tiivistyksestä ym. seikoista. Mikäli sekajätetäytön jäte saadaan hajoamaan tehokkaasti bioreaktorin tapaan, tapahtuu pääosa lopetetun kaatopaikan painumisesta noin 10 vuodessa. Lopullisen pintarakenteen kestävyys kannalta on usein edullista antaa jätetäytön painua mahdollisimman kauan ennen pintarakenteiden rakentamista. Mikäli näin menetellään, tulee suunnittelijan määritellä painumisen tavoitearvo (kokonaispainuma tai vuosipainuma), jonka jälkeen vasta tehdään lopulliset rakenteet. Painumisen seuranta tulee toteuttaa suunnitelmallisesti.

Jos jätetäytössä tapahtuu merkittävää kaasunmuodostusta, ja mikäli jätetäytön annetaan painua yli kaksi vuotta, tulee ennen lopullisten rakenteiden tekemistä käyttää väliaikaista pintarakennetta, joka estää kaasun vapaan purkautumisen ohi keräys- ja käsittelyjärjestelmän. Väliaikaisena tiivistysrakenteena toimii bentoniittimatto, ohut membraani tai 0,5 m:n maatiiviste ($k < 10^{-8}$ m/s). Väliaikaisena tiivisteenä paras vaihtoehto on bentoniittimatto. Mikäli väliaikaista tiivistysrakennetta ei käytetä, täytön päälle on rakennettava kaatopaikkakaasua biologisesti hajottava kerros, joka rajoittaa metaanin purkautumista ilmakehään.

On huomattava, että ennen lopullisen pintarakenteen valmistumista on kaikissa väliaikaisissa vaiheissa varmistettava, että ympäristönsuojelujärjestelmät toimivat samalla teholla, kuin kaatopaikan aikaisemmassa normaalissa käytönaikaisessa tilanteessa. Vasta sen jälkeen, kun huomattavaa lopettamisrakenteiden toimivuutta vaarantavaa jätteiden hajoamista ja painumista ei enää tapahdu, rakennetaan lopullinen pintarakenne. Vaiheittaisessakin rakentamisessa lopettamistoimet on kuitenkin pyrittävä tekemään mahdollisimman yhtäjaksoisesti muutaman vuoden kuluessa töiden aloittamisesta.

Jos kaatopaikan tiivistys sen käyttövaiheen aikana ei ole ollut riittävää, jätetäyttöä on tiivistettävä lisää pintarakenteiden tekemistä edeltävän kaatopaikan muotoilun yhteydessä. Se vähentää myöhempää epätasaista painumista ja parantaa rakennuspohjan kantavuutta. Tämä on erityisen tärkeää silloin, jos kaatopaikka-aluetta on tarkoitus hyödyntää rakennettavana alueena joskus myöhemmin. Tiivistystyö voidaan tehdä esimerkiksi raskaalla kaatopaikkajyrällä.

Kaatopaikan vakavuuslaskentamenetelmiä, muodonmuutoksia, maapohjan kantavuutta ja routaa on käsitelty ”Kaatopaikan tiivistysrakenteet” -julkaisussa (Leppänen 1998, 63–65).

Urakkakilpailu

Rakennuttaja hoitaa urakkakilpailun järjestämisen. Urakkamuodon valinta riippuu rakennuttajan rakennuttajakokemuksesta ja käytettävissä olevista resursseista. Urakkatarjouspyyntöön on syytä liittää sellaisia laatukriteerejä, jotka mahdollistavat muunkin kuin halvimman tarjouksen hyväksymisen. Urakkatarjousten vertailussa voi rakennuttaja käyttää hyväkseen viranomaista, suunnittelijaa ja riippumatonta laadunvalvojaa. Urakkakilpailu on syytä järjestää vähintään puoli vuotta ennen aiottua rakentamisen aloitusta. Mikäli urakoitsijan tulee hankkia rakentamisessa käytettävät maamassat ja muut materiaalit, olisi tarjouspyynnöt syytä jättää jo vuotta ennen aiottua työn aloitusta. Mikäli toteutuksessa käytetään paikalla tiivistettäviä tiivistysrakenteita, on näiden ennakkotestaukseen varattava aikaa noin kolme kuukautta.

Tarjousten pyytämistä varten on tärkeää, että urakan kohteesta laaditaan täysin yksiselitteiset suunnitelmat ja työselostukset laatuvaatimuksineen niin, että saadut tarjoukset vastaavat toisiaan. Tarjouspyynnönvastaiset tarjoukset voidaan tällöin hylätä. Laki julkisista hankinnoista rajoittaa julkisen hallinnon tilaajan mahdollisuuksia valita paras ja kokonaisedullisin tarjous, jos tarjouspyyntöasiakirjat ovat antaneet mahdollisuuden tehdä heikkolaatuisen mutta muuten tarjouspyynnön mukaisen tarjouksen.

Rakennuttaja ilmoittaa ympäristökeskukselle valitsemansa urakoitsijan, käyttämänsä valvojat ja rakentamisen aloitusajan. Yleensä on hyvä pitää kohteen aloituskatselmus hyvissä ajoin ennen varsinaisen rakentamisen aloitusta.

Rakentaminen

Kaatopaikan käytöstäpoistamisurakkaan kuuluu yleensä seuraavia tehtäviä: niska-ojan kaivu, suotovesi(sala)ojan kaivu ja asennus, tasausaltaan rakentaminen, jätetäytön tiivistäminen ja esipeitto, kaasunkeräilyn asentaminen, mahdollisen suotoveden kierrätysjärjestelmän asentaminen, mineraalisen tiivistyskerroksen asentaminen, mahdollisen keinotekoisien eristeen asentaminen, kuivatuskerroksen asentaminen, suoja- ja pintakerroksen asentaminen, suotoveden käsittelyn ja johtamisen toteuttaminen sekä kaasunkäsittelyn vaatimien rakenteiden toteuttaminen. Tarvittavat rakenteet vaihtelevat tapauskohtaisesti ja osa on voitu toteuttaa jo aiemmissa vaiheissa.

Lopputuloksen kannalta kriittisiä asioita ovat materiaalien laadunvaihtelun hallinta, tiivistystyön onnistuminen, herkkien osien suojaaminen sekä läpivientien toteutus. Sekä kaasunkeräys-, tiivistys-, kuivatus- että suojaus- ja suodatinkerrosten toiminta on pitkälti riippuvaista käytettävien materiaalien laadusta (mahdollinen rakeisuus, raekoko ja raemuoto). Tiivistystyön onnistumiseen vaikuttaa em. asioiden lisäksi merkittävästi materiaalin vesipitoisuus. Urakoitsijan tulee kyetä seuraamaan materiaalien laadunvaihtelua ja muuttamaan reseptiä ja työmenetelmiä vaadittavan lop-

putuloksen saavuttamiseksi. Mikäli tiivistyskerros rakennetaan paikalla tiivistäen, on tiivistysmateriaalin ja työmenetelmien soveltuvuus osoitettava koetiivistyspenkereen avulla. Lopullisen rakenteen tiivistämistyötä ei voi aloittaa ennen kuin koetiivistystyksen onnistuminen on luotettavasti todennettu laboratoriokokein.

Suojakerrosten tarkoitus on estää herkkien osien kuten membraanien ja bentoniittimattojen vaurioituminen työn ja käytön aikana. Konetyön vaatimat suojakerrospaksuudet sekä suojamateriaalin laadut tulee määritellä suunnitelmassa. Laadun alituksia ja suunniteltua raskaampien koneiden käyttämistä ei sallita. Tiivistys- ja eristysrakenteiden läpiviennit ovat erityisen herkkiä kohtia. Nämä jäävät helposti muuta rakennetta heikommin tiivistetyiksi ja käytön aikaiset muodonmuutokset rasisittavat näitä edelleen. Suunnittelussa tulee paneutua rakenteiden muodonmuutosten sietoon ja tiiviiden varmistamiseen painumista huolimatta.

Periaatteessa kaatopaikkaurakka ei eroa muista rakennusurakoista. Merkittävimmät erot aiheutuvat edellä kuvatuista eristysrakenteiden erityisvaatimuksista. Toinen merkittävä ero on siinä, että normaalin sopimusoikeuden lisäksi kaikkia toimijoita koskevat myös ympäristölainsäädännön rangaistussäännökset. Eniten epäselvyyksiä on esiintynyt eri valvojen työnjaossa ja vastuissa hankkeen aikana, joita seuraavassa pyritään selventämään.

Työmaalla pidetään työmaapäiväkirjaa, johon merkitään kaikki toteutukseen liittyvät asiat. Rakentamisen aikana tulee pitää riittävän usein työmaakokouksia. Urakoitsija osoittaa päivittäin rakennuttajan valvojalle päivän työsuoritukset. Työmaavalvoja kuittaa hyväksymisensä työmaapäiväkirjaan, samoin kuin mahdolliset huomautukset ja korjausvaatimukset. Myös riippumaton valvoja sekä viranomaisvalvoja voivat tarkastaa työmaapäytäkirjan ja tehdä sinne merkintöjä havaitsemistaan puutteista työssä. Rakennuttajan työmaavalvoja valvoo työtekniikoita sekä tarkastaa päivittäiset työsuoritukset, käytettyjen materiaalien suunnitelman mukaisuuden sekä kaikki toteutuneet rakenteet ja detaljit ennen niiden peittämistä. Rakennuttajan intresseissä tulee olla palkata riittävän asiantunteva työmaavalvoja, joka pystyy varmistamaan urakka-asiakirjojen toteutumisen.

Mikäli mineraalinen tiivistysrakenne tehdään työmaalla sekoittaen ja tiivistäen, tarvitaan hankkeeseen riippumaton laadunvalvoja, joka varmistaa urakoitsijan laadunvarmistusta. Myös savi- ja geosynteettirakenteissa on aika paljon vaativia ja riippumatonta laadunvalvontaa edellyttäviä asioita. Riippumaton laadunvalvoja tekee tarkastuksia, ottaa tarvittaessa näytteitä ja koestaa niitä laboratoriossa suunnitelman mukaisesti sekä laatii viranomaiselle raportin hankkeen laadunvalvonnasta. Mikäli riippumatonta laadunvalvojaa ei käytetä, vastaa raportoinnista rakennuttaja. Riippumaton laadunvalvoja ei tee itsenäisesti päätöksiä laadunalitysten hyväksyttävyydestä. Halutessaan voi rakennuttaja yhdistää työmaavalvojan ja riippumattoman valvojan tehtäviä, mutta tästä on selvästi sovittava osapuolten kesken.

Viranomaisvalvoja seuraa hankkeen etenemistä vähintään osallistumalla työmaakokouksiin. Viranomaisvalvoja tarkastaa urakoitsijan/suunnittelijan laatimat toteutumapiirustukset sekä laadunvalvontaraportit. Hänelle tulee varata mahdollisuus

tarkastaa tärkeät työvaiheet kuten läpiviennit ja tiivistysrakenteet, ennen niiden peittämistä. Viranomaisvalvoja ei tee varsinaista työmaavalvontaa rakennuttajan puolesta. Toisaalta viranomainen ei voi siirtää omaa vastuutaan toteutuksen luvamukaisuuden arvioinnista esimerkiksi riippumattomalle laadunvalvojalle.

8.6

Osapuolet ja vastuut rakentamishankkeen aikana

- **Rakennuttaja:** Kaatopaikan ja sitä koskevan ympäristöluvan haltija. Teettää suunnitelmat ja rakennustyöt. Vastaa viranomaisille koko hankkeen luvamukaisuudesta. Vastuussa jälkihoidosta ja seurannasta.
- **Suunnittelija:** Laatii toteutusasiakirjat ja määrittelee käytettävien materiaalien ja työmenetelmien laatuvaatimukset työselostuksessa. Vastaa rakenteiden laskennallisesta mitoittamisesta. Osallistuu työnaikaisten muutosten hyväksyntään. Voi osallistua valvontaan rakennuttajan valtuuttamana. Suunnittelija vastaa suunnitelmistaan ja kaikki muutokset tulee tehdä hänen kauttaan ja hyväksymänä. Suunnittelija toimittaa tarvittaessa muutokset rakennuttajan kautta viranomaiselle hyväksyttäväksi.
- **(Pää)urakoitsija:** Rakennustyön toteuttaja, jonka kanssa laaditaan urakkasopimus. Vastaa työn toteuttamisesta suunnitelmien mukaisesti noudattaen voimassa olevia lakeja ja viranomais määräyksiä. Osoittaa työn suunnitelman mukaisuuden rakennuttajalle, viranomaiselle ja riippumattomalle valvojalle. Vastaa myös aliurakoitsijoiden työstä.
- **Aliurakoitsija:** Sopimussuhteessa pääurakoitsijaan. Osoittaa työn suunnitelman mukaisuuden kuten pääurakoitsija.
- **Sivu-urakoitsija:** Rakennuttaja saattaa hankkia osan toteutuksesta sivu-urakoitsijalta, joka on sopimussuhteessa rakennuttajaan, mutta yleensä alistetaan pääurakoitsijalle.
- **Työmaavalvoja:** Rakennuttajan valvoja, joka valvoo päivittäisten työsuoritusten suunnitelman mukaisuutta.
- **Riippumaton valvoja:** Sopimussuhteessa rakennuttajaan. Viranomainen hyväksyy. Varmistaa urakoitsijan laadunvarmistuksen asianmukaisuuden. Antaa laadunvalvontaraportin rakennuttajalle ja viranomaiselle. Ei tee varsinaista työmaavalvontaa. Voi osallistua rakennuttajan apuna suunnitteluprosessiin. Riippumaton valvoja ei saa osallistua työnjohtoon, vaan kaikki huomautukset on esitettävä rakennuttajan kautta. Riippumattoman valvojan tulee kuitenkin huomauttaa kaikista havaitsemistaan virheistä, oli ne tehnyt mikä osapuoli tahansa ja missä hankkeen vaiheessa tahansa.
- **Viranomaisvalvoja:** Hyväksyy suunnitelmat ja muutokset. Varmistaa työsuorituksen luvan- ja lainmukaisuuden. Voi tehdä työmaakäyntejä ja tarkastuksia. Varattava mahdollisuus osallistua työmaakokouksiin. Tarkastaa laadunvalvontaraportin. Hyväksyy lupaviranomaisen puolesta toteutuneen työn.

- **Lupaviranomainen:** Myöntää hankkeelle ympäristöluvan hakemuksen mukaan (yleensä yleissuunnitelma). Varmistaa luvanmyöntämisedellytykset. Antaa tarvittavat lupaehdot pilaantumisen estämiseksi. Voi delegoida yksityiskohtaisten suunnitelmien hyväksymisen valvontaviranomaiselle. Hyväksyy rakentamisen lopputuloksen (käyttöön ottaminen tai käytöstä poistaminen).
- **Sopimusehdot:** Rakennushankkeissa on syytä käyttää rakennusurakan yleisiä sopimusehtoja (YSE) ja urakkasopimus tulisi tehdä käyttäen valmiita urakkasopimuslomakkeita. Näistä poikettaessa on syytä käyttää rakennusurakkasopimuksia tuntevaa lakimiestä.

8.7

Työn vastaanotto

Rakentamisen päätyttyä pidetään lopputarkastus. Tässä urakoitsija esittää rakennuttajalle toteutuneen työsuorituksen. Valvojat ja viranomainen voivat esittää omia näkemyksiään toteutuksesta. Mahdolliset puutteet kirjataan ylös ja sovitaan niiden korjaamisesta. Normaali takuu aika rakennushankkeessa on kaksi vuotta, jonka aikana ilmenevät puutteet urakoitsija korjaa kustannuksellaan. Takuuajaksi määrätään yleensä vakuus, joka vapautuu takuuajan umpeuduttua ja kun korjaustoimet on suoritettu. Eristysrakenteiden laadunvarmistus laboratoriotarkastuksella voi vaatia useita kuukausia, joten varsinainen lopputarkastus voi siirtyä tämän vuoksi.

Mikäli rakennuttaja ei pidä toteutusta suunnitelman mukaisena, toimitaan sopimusehtojen mukaisesti, jolloin asian selvittely siirtyy yleensä siviili- tai välimiesoikeuteen. Rakennuttaja ei voi siirtää työn vastaanottamisesta päättämistä viranomaiselle. Mikäli viranomainen ei pidä toteutusta ympäristöluvan mukaisena, ryhtyy viranomainen korjaamaan asiantilaa hallintopakkoasiana suhteessa rakennuttajaan, ei muihin osapuoliin. Rakennuttajan vastuu koko hankkeesta korostuu erityisesti.

9 Laadunvarmistus

9.1

Yleistä

Kaatopaikkarakenteet ovat vaativia rakenteita, joiden suunnittelu ja rakentaminen edellyttävät kokemusta materiaaliominaisuuksista ja työtekniikoista. Viime vuosien teknologian kehitys on tuonut käyttöön erilaisia rakennevariaatioita ja uusia materiaaleja. Kaikki nämä asettavat laadunvalvonnalle erityisiä vaatimuksia ja haasteita.

Kaatopaikan käytöstä poistamiseen liittyvissä kunnostustoimenpiteissä on varmistettava, että toimenpiteet toteutetaan suunnitellulla tavalla. Koska alkuperäiset rakennus- ja laadunvalvontasuunnitelmat perustuvat usein ns. perusratkaisuun, joka voi poiketa paljon lopullisesta rakenteesta, kaikille rakennevaihtoehdolle pitäisi pystyä laatimaan vertailukelpoiset laadunvalvontasuunnitelmat.

Kaatopaikan pintarakenteiden kokonaislaadun varmennukseksi yksittäisten osien täytyy täyttää asetetut laatuvaatimukset. Laadunvarmistukseen kuuluu sekä käytettävien materiaalien että työn laadunvalvonta käytettävissä olevan tekniikan antamissa puitteissa. Laatuvaatimukset ja laadunvarmistusmenetelmät esitetään työselityksessä. Asiakirjoja laadittaessa on suositeltavaa, että kukin työsuoritus/rakenneosa on yksilöity tarkasti ja vaatimukset esitetään yhdessä paikassa ja vain yhdessä asiakirjassa. Erillisille laatuvaatimusasiakirjoille ei ole mitään tarvetta ja ne aiheuttavat helposti ongelmia ja ristiriitaisuuksia.

Osa vaatimuksista on määritelty kaatopaikkoja koskevassa lainsäädännössä ja ne koskevat esim. rakennekerrosten paksuutta ja vedenläpäisevyyttä. Laatuvaatimukset tulee aina määrittää tapauskohtaisesti ottaen huomioon käytettävät materiaalit ja paikalliset olosuhteet, erityisesti pohjamaan laatu ja jätteen ja suotoveden koostumus. (Leppänen ym. ei päiväystä)

9.2

Laadunvalvontaa suorittavat tahot ja henkilöt

Kohteen suunnitteluun, rakentamiseen ja rakentamisen laadunvarmennukseen osallistuvat rakennuttaja sekä hänen toimeksiannostaan kohteen suunnittelija, urakoitsija(t) ja riippumaton valvoja. Lisäksi laadunvarmennusta tehdään viranomaisten toimesta.

Riippumatonta laadunvalvontaa toteuttaa lupaviranomaisen hyväksymä asiantuntijataho, joka ei ole kyseisen kohteen suunnittelija tai toteuttaja ja jonka asiantuntemus on tunnustettu.

Vastuulliselta suunnittelijalta edellytetään aikaisempaa kokemusta hyvin vaativien maarakenteiden geoteknisestä suunnittelusta ja toteuttamisesta (RIL 121-1988). Joissain tapauksissa saattaa olla tarpeen tarkistuttaa suunnitelma ympäristölupavaiheessa asiantuntijalla.

Eri tahojen laadunvalvontatehtävät

Seuraavassa esitellään eri osapuolien suorittamia laadunvalvontatehtäviä pääpiirteittäin. Rakennuskohteilla voidaan tietyiltä osin poiketa esitetystä jaottelusta suunnitelma-asiakirjoissa ja työselityksissä esiintuotujen sopimusten mukaisesti.

Suunnittelija laatii rakennustyön työselostuksen, jossa esitetään kaikki laadunvalvonnalle asetettavat vaatimukset. Rakennuttaja ja viranomainen hyväksyvät suunnitelma-asiakirjat. Rakennuttaja valitsee urakoitsijat sekä henkilöt rakentamisen- ja laadunvalvonnan tehtäviin. Urakoitsija laatii yleisten sopimusehtojen (YSE) mukaisesti työselostukseen perustuvan laadunvalvontasuunnitelman, jossa esittää kuinka työselostuksessa esitetyt laatuvaatimukset toteutetaan ja varmistetaan. Laadunvalvontasuunnitelma on laadittava siten, että siinä esitetään asiat samassa järjestyksessä kuin työselostuksessa ja siinä on myös riittävät viittaukset työselostukseen. Aliurakoitsijoiden laadunvalvontasuunnitelmat tulee liittää osaksi pääurakoitsijan laadunvalvontasuunnitelmaa. Lähtökohtana on, että urakoitsija(t) osoittavat aina itse työnsä laadukkuuden rakennuttajalle ja viranomaiselle laadunvalvontasuunnitelman mukaisesti.

YSE 1998 10 § Urakoitsijan laadunvarmistus

1. Urakoitsijan on noudatettava sopimusasiakirjoissa edellytettyä laadunvarmistusta. Urakoitsijan on viimeistään ennen työn aloitusta vaadittaessa kirjallisesti osoitettava, kuinka hän varmistaa suorituksensa laadun. Urakoitsijan on joka tapauksessa meneteltävä siten, että sopimuksen mukainen laatu saavutetaan.

Päivittäisen rakennustyön laadunvalvonnasta vastaavat urakoitsijat suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti. Pääurakoitsija vastaa aliurakoitsijoistaan ja vastuu laadunvalvontamittausten tekemisestä kuuluu pääurakoitsijalle. Urakoitsijoiden on esitettävä käyttämiensä materiaalien soveltuvuus ennakkokokeilla ja osoitettava rakenteen vastaavan suunnitelma-asiakirjoja rakennustyön aikaisilla laadunvalvontamittauksilla. Ennakkokokeiden ja koetiivistyspenkereen perusteella urakoitsija laatii kirjalliset työohjeet eri kerrosten rakentamisesta, tiivistettävän massan kosteuspitoisuudesta ja tiivistyksestä sekä kalvon asentamisesta, saumaamisesta, saumojen koestamisesta ja suojakerroksen asentamisesta. Lisäksi urakoitsija laatii tarkepiirustukset ja laadunvalvontaraportin, joissa esitetään yksityiskohtaisesti toimitettujen materiaalien sijoittuminen rakenteisiin, työmaan rakennusvaiheet päivittäin jne., jotta mahdolliset korjaustoimenpiteet voidaan helpommin rajoittaa vain tarvittaville alueille.

Rakennuttaja ja urakoitsija(t) huolehtivat siitä, että riippumaton laadunvalvoja saa koko rakennustyön ajan raportit urakoitsijoiden ja rakennuttajan laadunvalvontakokeista ja -mittauksista. Urakoitsija laatii omista ja aliurakoitsijoidensa töistä loppuraportin, jonka riippumaton laadunvalvoja tarkastaa ja hyväksyy edelleen toimitettavaksi viranomaiselle. Riippumaton valvoja kokoa eri organisaatioiden

tekemien laadunvalvontakokeiden ja -mittausten tulokset raportiksi viranomaiskäsitelyä varten. Riippumaton valvoja huolehtii, että laadunvalvonta tehdään suunnitelman mukaisesti luotettavilla tutkimusmenetelmillä ja -laitteilla. Lisäksi riippumaton laadunvalvoja tekee tarvittaessa tarkistuskokeita käyttäen työselostuksen mukaisia koetapoja. Havaitut laadunalitukset kirjataan ylös ja raportoidaan kaikille osapuolille.

Jokaisella laadunvalvontaan osallistuvalla osapuolella tulee olla laatujärjestelmä kokeiden suorituksesta.

9.4

Laadunvalvontasuunnitelma

Materiaalien ja rakennusmenetelmien vaatimukset on esitettävä työselostuksessa. Laatuvaatimukset on määriteltävä yksiselitteisesti. Laadunvalvontakokeiden tulokset muodostavat osan valvonta- ja tarkastustoiminnasta.

Kaikkien materiaalien ja menetelmien osalta on osoitettava niiden kelpoisuus. Ennen rakentamisen aloittamista tiivistysmateriaalien soveltuvuus, tiivistyslaitteet ja -menetelmät on testattava maasto-olosuhteissa kenttätiivistyskokeella. Mittalaitteet on tarvittaessa kalibroitava esimerkiksi siten, että mittalaitteen antamia tuloksia verrataan laboratoriossa määritettyihin tuloksiin. Laadunvalvontasuunnitelmassa on määriteltävä numeeriset hyväksymistasot vaatimuksille.

Rakennustyön laadunvalvontasuunnitelman tulee sisältää mm. seuraavat asiat:

- laadunvarmistusorganisaatio (urakoitsija(t), riippumaton valvoja, rakennuttaja)
- rakennustyön valvojien (urakoitsijan/ rakennuttajan ja riippumattoman valvojan) vastuut ja tehtävät
- tiivistyskerrosten materiaalit ja tiivistysmenetelmät
- laadunvalvontakokeiden tyypit ja määrät rakennusmateriaalien valinnassa, työn aikana ja rakenteen seurannassa
- hyväksymisrajat ja toimenpiteet niiden alittuessa

Pintaeristyksen laadunvarmennusta on käsitelty julkaisussa ”Kaatopaikan tiivistsrakenteet” (Leppänen 1998, 112–117).

9.5

Laadunvalvontamittaukset

Rakenteiden sijainnin ja mittojen tarkastus suoritetaan sopimusten mukaisesti erillisillä mittauksilla tai työn yhteydessä suoritettavien mittausten tuloksista. Mittaustulokset on koottava sellaisessa muodossa, että niitä voidaan käyttää rakenteen mitta- ja sijaintitarkkuuden analysointiin. Tulokset toimitetaan tarvittaessa datamuodossa.

Laadunvalvoja tarkastaa mittaustuloksista, että rakennekerrokset täyttävät asetetut toleranssit jatkuvasti koko suunnitelma-alueella. Tarkastustulokset esitetään suunnitelmakartalla siten, että mahdolliset poikkeamat (ylitykset/alitukset) suun-

niteltuun rakenteeseen verrattuna ovat nähtävissä koko rakennusalueella. Mittojen ja sijainnin lisäksi on tarkastettava myös rakenteiden kaltevuudet.

Kaikki laadunvalvontamittaukset ja -kokeet on suoritettava tähän tarkoitukseen soveltuvilla ja hyväksytyillä työmenetelmillä ja laitteilla. Mittalaitteiden toimintakunto tulee osoittaa ennen töiden aloittamista ja mittalaitteet on kalibroitava käytettäville materiaaleille. Kaikki tehdyt mittaukset tulee dokumentoida ja raportoida. Dokumentoinnista tulee käydä ilmi aika, sijainti, olosuhteet sekä mittalaitteen ja käyttäjän tiedot.

9.6

Rakenteiden materiaalien laadunvalvonta

Mineraalisen tiivistyskerroksen rakentamista ohjataan jatkuvalla laadunvalvonnalla, jolla varmistetaan vaaditun korkeustason, kaltevuuden, tiivistystuloksen, vedenläpäisevyyden ja kerrospaksuuden täyttyneen. Tällöin on kiinnitettävä myös erityistä huomiota luiskien tiivistämiseen.

Työn aikana tehtävät geomembraanin laadunvalvontamittaukset on esitetty erillisessä ohjeessa ”Geosyntteettisten tiivistysmateriaalien ja -rakenteiden testausmenetelmät” (Rathmayer ja Juvankoski 1996). Tässä yhteydessä ei käsitellä asfalttia, koska asfalttisia tiivistysrakenteita koskeva ohje julkaistaan erikseen.

Suojahiekan, kaasunkeräilykerroksen, salaojakerroksen ja peitemaakerroksen materiaalin rakeisuutta seurataan seulonnoilla. Raekoko tarkistetaan vähintään kerran 500 m³:ä kohti. Rakeisuuden muuttuessa on tarkistettava veden- tai kaasunläpäisevyys, maksimiraekoko ja raemuoto. Kerroksen paksuus varmistetaan mittauksin.

Valmiiden rakenteiden laadunvalvontamittaukset on suoritettava rakennetta tai materiaalia rikkomattomilla menetelmillä. Jos tämä ei ole mahdollista, on laadunvalvontamittausten ja näytteenoton aiheuttamat vauriot korjattava alkuperäistä tilannetta vastaaviksi.

Kaatopaikan pintarakenteiden laadunvalvonnassa huolehditaan siitä, ettei rakenteelle asetettuja laatuvaatimuksia aliteta. Esimerkiksi puutteellinen tiivistyskerros poistetaan ja korvataan vaatimukset täyttävällä rakenteella ja materiaalilla. Kaikista laatupoikkeamista urakoitsija laatii kirjallisen poikkeamaraportin.

9.7

Muiden kunnostustoimenpiteiden laadun varmistus

Muissa kunnostustoimenpiteissä on noudatettava olemassa olevia standardeja, ohjeita ja laatuikäkirjoja. Tuhola (1997) on käsitellyt maarakennustöiden ympäristökysymyksiä. Ympäristöministeriön (1998a) julkaisu käsittelee työsuojelua maa- ja vesirakennustöissä. Nikulainen ja Kalevi (1997) ovat käsitelleet työterveysriskejä saastuneilla maa-alueilla.

Kaatopaikan käytöstä poistamisen laadunvarmistuksessa on huomioitava mm. seuraavat asiat:

- Pintarakenne toimii suunnitellulla tavalla ja siinä on käytetty suunniteltuja materiaaleja.
- Laadunvalvonnan tehtävät jakautuvat rakennuttajalle, suunnittelijalle, urakoitsijoille, riippumattomalle laadunvalvojalle ja viranomaiselle.
- Materiaalien ja rakennussuunnitelmien vaatimukset esitetään työselostuksessa.
- Laadunvalvontakokeiden tulokset muodostavat osan valvonta- ja tarkastustoiminnasta.
- Kaikkien materiaalien ja menetelmien osalta on osoitettava niiden kelpoisuus.

10 Kunnostetun kaatopaikan jälkiseuranta

10.1

Jälkiseurantavelvollinen

Lopettamisurakan päätyttyä siirrytään kaatopaikan jälkitarkkailuun. Tarkkailu sisältää rakenteiden sekä muiden ympäristönsuojelujärjestelmien kunnon ja toiminnan tarkkailun sekä päästöjen seurannan luvitetun ohjelman mukaan. Tarkastettavia seikkoja ovat mm. ympärysojien toiminta, luiskien stabiliteetti, epätasaiset painumat, kaasunkeräilyn ja -käsittelyn toimivuus sekä suotoveden määrä ja sen käsittelyn toimivuus. Tiivistysrakenteen tehoa voidaan seurata vesitasemallien avulla. Näiden mallien käyttö edellyttää alueen sadannan ja haihdunnan sekä eri pinta- ja kuivatuskerrosten valuntaparametrien luotettavaa määrittystä.

Kaatopaikan lopettamistoimet ja jälkiseuranta ovat kaatopaikan pitäjän vastuulla. Kaatopaikan pitäjän on esitettävä lopettamissuunnitelma alueelliselle ympäristökeskukselle hyväksyttäväksi. Lisäksi kaatopaikan pitäjän on laadittava käytöstä poistettavan kaatopaikan, pinta- ja pohjavesiä sekä kaatopaikkakaasua koskeva tarkkailuohjelma.

10.2

Jälkiseurannan tarkoitus

Käytöstä poistetun kaatopaikan jälkiseurannan tarkoituksena on varmistaa luvussa 3 asetettujen tavoitteiden saavuttaminen siten, että

- ollaan koko ajan selvillä käytöstä poistetun kaatopaikan ympäristöpäästöistä
- kaatopaikan sisäiset prosessit etenevät tarkoitetulla tavalla
- ympäristönsuojelujärjestelmät toimivat suunnitellulla tavalla

Jälkiseuranta on järjestettävä siten, että mittauskohteet, mittaustapa ja näytteet selittävät sitä ilmiötä, jota halutaan seurata ja että näytteet ovat edustavia. Päästöjen tarkkailussa on oleellista määritellä todennäköisimmät päästösunnat pinta- ja pohjavesiin ja valita seurantapisteen tämän mukaisesti. Lisäksi tarvitaan alueen luonnontilaa kuvaava vertailupiste. Mikäli alueen maaperän vedenjohtavuus on heikkoa ja maaperän kerrospaksuus pieni, purkautuvat pohjavedet yleensä nopeasti pintavesistöihin, ja pohjaveden tarkkailun tarve voi olla kyseenalainen. Kallioperän ruhjevyöhykkeissä voivat mahdolliset kaatopaikan suotovedet päästä kulkeutumaan pitkälle suhteellisen vähän laimentuen.

Päästöt pintavesiin ovat yleensä suurimmillaan kevään ja syksyn ylivirtaamajaksilla. Päästöt pohjavesiin vaihtelevat yleensä pintavesiä vähemmän, joten niiden tarkkailukin voi normaalitilanteessa tapahtua harvemmin. Tarkkailtavat laatuparametrit voidaan valita tapauskohtaisesti ympäristön herkkyydestä ja kaatopaikan

riskitasosta riippuen. Pintavesitarkkailussa voi normaalitilanteessa riittää typen (eri fraktioissa) ja fosforin, biologisen tai kemiallisen hapenkulutuksen sekä kloridin tai sähkönjohtavuuden määrittäminen. Ajoittain ja epäiltäessä päästöjen merkittävää kasvua voidaan määrittää raskasmetalleja, öljyhiilivetyjä sekä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Pohjaveden seurannassa perussuureet ovat pH, sähkönjohtavuus, ammoniumtyppi ja kloridi. Lisäksi on usein tarpeen seurata joidenkin metallien kuten arseenin, kromin, kuparin, lyijyn, sinkin tai nikkelin leviämistä.

10.3

Jätepenkereen sisäinen vesi

Jätetäytön sisäisiä ominaisuuksia kuten vesipinnan korkeutta ja lämpötilaa on seurattava vähintään puolivuositain, mikä on yleensä käytöstä poistetuilla kaatopaikoilla riittävä seurantaväli. Seurantojen ajankohdiksi on suositeltavaa valita sääolosuhteiden perusteella ns. mahdollisimman märkä ja kuiva tilanne. Kaatopaikkaprosessien seurantavelvoite huomioon ottaen myös jätepenkereen sisäisen veden laatua on syytä seurata. Esimerkiksi alhainen pH (< 6) kuvastaa haponmuodostusvaihetta. Vesianalyysijä täydennetään tarvittaessa tyyppillisten kuormitustekijöiden analysoinnilla (ks. luku 6.1.4) sekä kaatopaikalle sijoitetun jätteen ominaisuuksien perusteella valittavilla erityisanalyysillä kuten raskasmetallit, syanidi tms. Sisäisen veden ominaisuuksia voidaan seurata jätepenkereeseen sijoitetuista havaintoputkista (ks. luku 4.3.5) ja salaojista.

10.4

Kaatopaikkavesi

Kaatopaikkaveden määrää ja sähkönjohtavuutta on seurattava vähintään puolivuositain jokaisessa kohdassa, jossa kaatopaikkavettä johdetaan kaatopaikan ulkopuolelle. Valtioneuvoston kaatopaikkoja koskevassa päätöksessä (861/1997) edellytetään kuitenkin tarkkailun järjestämistä siten, että kaatopaikkavesien puhdistuksen tehokkuutta ja kaatopaikan aiheuttamaa kuormitusta voidaan arvioida luotettavasti. Mikäli käytöstä poistetun kaatopaikan kaatopaikkavedet on määrätty puhdistettavaksi, on kaatopaikkaveden laatua ja puhdistustehokkuutta seurattava ainakin alkuvaiheessa useammin kuin puolivuositain, jopa jatkuvatoimisesti. Kaatopaikkavedestä tehdään samat analyysit kuin jätepenkereen sisäisestä vedestä.

10.5

Pintavedet

Pintaveden laatua ja määrää tarkkaillaan vähintään puolivuositain ainakin yhdeltä havaintopaikalta virtaussuunnassa kaatopaikan yläpuolelta ja yhdeltä kaatopaikan alapuolelta. Pintavesistä tehdään samat määrittäykset kuin kaatopaikkavesistä. Kaa-

topaikan vaikutusten arvioimiseksi yksi havaintopaikka ei kuitenkaan usein ole riittävä. Ainakin käytöstä poistamisen alkuvaiheessa ja jätepenkereen ja ympäristön olosuhteet huomioon ottaen seuranta voi olla tarpeen laajentaa myös alapuoliseen vesistöalueeseen.

10.6

Pohjavesi

Pohjaveden laatua ja korkeutta tarkkaillaan vähintään puolivuosittain vähintään yhdestä havaintopisteestä virtaussuunnassa kaatopaikan yläpuolella ja kahdesta havaintopisteestä kaatopaikan alapuolelta. Mikäli jätepenkereen ympäristön kallioperä on rakoillutta, myös kallioveden laatua ja kulkeutumista tarkkaillaan havaintoputkin. Kaatopaikan mahdollisella vaikutusalueella olevien talousvesikaivojen laatua on aina tarkkailtava. Pohjavedestä tehdään jätepenkereen läheisyydessä olevista havaintoputkista samat määritykset kuin jätepenkereen sisäisestä vedestä. Talousvesikaivoista tehdään tavanomaiset talousvesianalyysit, joita täydennetään jätepenkereen vaikutusta kuvaavilla määrityksillä. Jos ympäristön pohjaveden korkeus vaihtelee voimakkaasti, on seuranta lisättävä tarpeen mukaan.

10.7

Kaatopaikkakaasu

Kaatopaikkakaasun kertymistä ja purkautumista tarkkaillaan vähintään puolivuositain. Jätepenkereeseen asennetuista havaintoputkista (ks. luku 6.2.1) määritetään kaasun paine sekä metaani-, hiilidioksidi- ja happipitoisuus. Kaatopaikkakaasun talteenottojärjestelmän kunto on tarkastettava säännöllisesti.

Jos kaatopaikkakaasujen sisältämää metaania ei hyödynnetä, ei kaasujen absoluuttisen määrän mittaamiseen ole tarvetta. Kaasujen laadun mittaamisen lisäksi kasvi- peitteisyyden vauriot voivat antaa viitteitä kaasujen purkautumisreiteistä. Kaasun purkautumista ja metaanin hapettumista seurataan jätepenkereen pintakerroksesta esimerkiksi kammiomittauksin.

10.8

Rakenteet

Ympäristönsuojelujärjestelmien toimintakuntoa seurataan jätepenkereen painumamittauksin (ks. luku 8.3). Tiivistysrakenteen tehoa voidaan seurata vesitasemallien avulla. Näiden mallien käyttö edellyttää alueen sadannan ja haihdunnan sekä eri pinta- ja kuivatuskerroksen valuntaparametrien luotettavaa määrittystä.

Lisäksi tehdään vuosittain maastotarkastus, jossa aistinvaraisesti tehdään havainnot pintakerroksen kunnosta kuten eroosiosta, halkeilusta ja muodonmuutoksista, kasvivaurioista, kuivatus- ja eristysojien kunnosta, havaintoverkoston kunnosta jne.

Jälkiseurannan vaiheistus

Jälkiseuranta on syytä toteuttaa vaiheittain. Monilla käytöstä poistettavilla kaatopaikoilla on ollut vesiin liittyvää tarkkailua jopa 1970-luvulta alkaen. Seuranta on syytä jatkaa sellaisenaan ennen uuden tarkkailuohjelman hyväksymistä.

Valtioneuvoston kaatopaikkoja koskevan päätöksen (861/1997) mukaan jälkiseuranta on tehtävä vähintään puolivuositain kohtien 10.3–10.7 mukaisesti. Jos osoitetaan, että puolta vuotta pitempi mittausväli antaa riittävän luotettavat seurantatiedot, mittaukset voidaan mukauttaa todelliseen tarpeeseen. Ilman mittauksia pitempää mittausväliä ei siten voida määrätä. Kaatopaikan kunnostamisen tai käytöstä poistamisen jälkeen jälkiseurannan on oltava kestoltaan vähintään edellä esitetyn mukaisesti esimerkiksi 3–5 vuotta, jonka jälkeen mittaustiheyttä ja määrittämiä voidaan tarkistaa.

Raportointi

Kaatopaikan valvonnasta ja tarkkailusta toimitetaan tiedot alueelliselle ympäristökeskukselle tarkkailuvuotta seuraavan maaliskuun loppuun mennessä.

Tarkkailuraportista on käytävä ilmi mm. seuraavaa:

- tiedot jätetäytöstä ja sen tilasta
- yhteenveto tarkkailuohjelman mukaisista seurantatiedoista
- selvitys kaatopaikan ympäristökuormituksesta ja haittojen torjunnasta sekä
- selvitys poikkeuksellisista tapahtumista ja hyväksytyistä suunnitelmista, joilla mahdolliset poikkeamat alkuperäisistä päätöksistä on sallittu

Viranomaisen suorittaa valvontaa ympäristökeskuksen valvontaohjelman mukaisesti. Päästöjen tarkkailuohjelmaa voidaan muuttaa tarpeen mukaan. Aloite muuttamiseen voi tulla haltijalta tai ympäristökeskukselta. Tarkkailua on lain mukaan jatkettava vähintään 30 vuotta. Päästöjen tarkkailussa on oleellista määritellä todennäköisimmät päästösuunnat pinta- ja pohjavesiin ja valita seurantapisteet tämän mukaisesti. Lisäksi tarvitaan alueen luonnontilaa kuvaava vertailupiste. Mikäli alueen maaperän vedenjohtavuus on heikkoa ja maaperän kerrospaksuus pieni, purkautuvat pohjavedet yleensä nopeasti pintavesistöihin, ja pohjaveden tarkkailun tarve voi olla kyseenalainen. Kallioperän ruhjevyyhykkeissä voivat mahdolliset kaatopaikan suotovedet päästä kulkeutumaan pitkälle suhteellisen vähän laimentuen.

Päästöt pintavesiin ovat yleensä suurimmillaan kevään ja syksyn ylivirtaamajaksilla. Päästöt pohjavesiin vaihtelevat yleensä pintavesiä vähemmän, joten niiden tarkkailukin voi normaalitilanteessa tapahtua harvemmin. Tarkkailtavat laatuparametrit voidaan valita tapauskohtaisesti ympäristön herkkyydestä ja kaatopaikan riskitasosta riippuen. Pintavesitarkkailussa voi normaalitilanteessa riittää tyyden (eri fraktioissa) ja fosforin, biologisen tai kemiallisen hapenkulutuksen sekä kloridin tai

sähkönjohtavuuden määrittäminen. Ajoittain ja epäiltäessä päästöjen merkittävää kasvua voidaan määrittää raskasmetalleja, öljyhiilivetyjä sekä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Pohjaveden seurannassa perussuureet ovat pH, sähkönjohtavuus, ammoniumtyppi ja kloridi. Lisäksi on usein tarpeen seurata joidenkin metallien kuten arseenin, kromin, kuparin, lyijyn, sinkin tai nikkelin leviämistä.

10.11

Jälkihoidon lopettaminen

Kun seurannan ja tarkkailun perusteella voidaan olla varmoja, ettei kaatopaikka enää aiheuta riskiä terveydelle tai ympäristölle, voidaan jälkihoito ja tarkkailu lopettaa. Kaasun aktiivinen käsittely voidaan lopettaa, kun kaasun määrä vähenee tai laatu muuttuu niin, ettei sen polttaminen ole enää järkevää tai onnistu ilman tukipolttoainetta. Tällöinkin on syytä johtaa kaasu ilmaan biosuotimien kautta. Suotovesien käsittely voidaan lopettaa, kun suotoveden määrä ja laatu ovat sellaiset, etteivät ne voi enää aiheuttaa haitallisia vaikutuksia purkuvesistössä. Pohja- ja pintavesitarkkailua on syytä jatkaa kevennettynä aktiivisten toimien päätyttyäkin.

Mikäli käytetään pintaeristysrakenteita, jotka sallivat sadannan osittaisen imeytymisen jätetäyttöön, tulee päätöksiä tehtäessä ottaa huomioon, että tällöin jätetäytöstä tulee liukenemaan suotoveteen metalleja ja huonosti liukoisia orgaanisia aineita satojen vuosien ajan.

Käytöstä poistetun kaatopaikan jälkiseurantaan kuuluu mm.:

- tarkkailuohjelman laadinta
- jätepenkereen sisäisen vedenpinnan ja lämpötilan mittaaminen vähintään puolivuositain
- kaatopaikkaveden määrän ja sähkönjohtavuuden mittaaminen jokaisesta purkupisteestä vähintään puolivuositain
- pintavesien tarkkailu vähintään kahdesta havaintopisteestä puolivuositain
- pohjavesien tarkkailu vähintään kolmesta havaintopisteestä puolivuositain
- kaatopaikkaveden kertymisen ja purkautumisen tarkkailu vähintään puolivuositain
- pintaeristykseen rakenteellisen toimivuuden valvonta mittaamalla pintavaluntaa ja kuivatuskerroksesta purkautuvan veden määrää
- tarkkailun vaiheistaminen siten, että näytteenottotiheyttä mukautetaan 3–5 vuoden tarkkailun tulosten perusteella
- jälkiseurannan tulosten raportointi vuosittain alueelliselle ympäristökeskukselle

LÄHTEET

- Ahonen, I., Jalkanen A. & Vähäsöyrinki, A. 1998. Työntekijöiden kemikaalialtistuminen saastuneiden maa-alueiden kunnostuksessa. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Suomen ympäristö 197. 55 s. ISBN 952-11-0269-1. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut> > Suomen ympäristö > Suomen ympäristö –sarja 1998 > SY197 Työntekijöiden kemikaalialtistuminen...
- Albrecht B.A. & Benson C.H. 2001. Effects of desiccation on compacted natural clays. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering* 127(1).
- Camp S., Gourc J.P., Ple O., Villard P. & Rey D. 2005. Landfill cap cover issue: improvement of the capability to sustain differential settlements. *Julk.: Proc. Tenth International Waste Management and Landfill Symposium*, S. Margherita di Pula, Cagliari, Sardinia, Italia, 3.–7.10. 2005.
- Christensen, T.H. 1989. Environmental Aspects of Sanitary Landfilling. *Julk.: Christensen, T. H., Cossu, R. & Stegmann, R. (toim.). Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impact.* Academic Press, London. S. 185–212. ISBN 0-12-174255-5.
- Christensen, T.H., Cossu, R. & Stegmann, R. (toim.). 1992. *Landfilling of waste: Leachate.* Elsevier Applied Science, Lontoo. 520 s. ISBN 1-85166-733-4.
- Clarke, R.G. 2002. Service life of landfill liner and cap components. *Julk.: de Mello & Almeida (toim.). Proc. 4th International Congress of Environmental Geotechnics.* Swets & Zeitlinger. S. 933–946.
- Daniel, D.E. 1993. Landfills and Impoundments. *Julk.: Daniel, D.E. (toim.). Geotechnical Practice for Waste Disposal.* London. Chapman & Hall. S. 97–112. ISBN 0-412-35170-6
- Egloffstein, T.A. 2001. Natural bentonites – influence of the ion exchange and partial desiccation on permeability and self-healing capacity of bentonites used in GCLs. *Geotextiles and geomembranes* 19(7): 427–444.
- Erkinheimo, A. 1999. Kaatopaikkojen ympäristövaikutusten minimointi pintarakenteilla. *Diplomityö TKK* 1999. 90 s.
- Ettala, M. 1998. Kaatopaikkavesien käsittely haihdutustekniikalla täysmittakaavan laitoksessa. *Vesitalous* 1998(1): 12–15.
- Ettala, M. & Väisänen, P. 1999. Menetelmä kaatopaikkakaasujen käsittelemiseksi pintatiivistetyllä jätepenkereellä. Patentti nro 109338.
- Giroud, J.P., Zornberg, J.G. & Zhao, A. 2000. Hydraulic design of geosynthetic and granular liquid collection layers. *Geosynthetics International* 7(4-6): 285–380. (Special issue on liquid collection systems). IFAI.
- Heikkinen, P.M. (toim.) & Noras, P. (toim.) 2005. Kaivoksen sulkemisen käsikirja: kaivostoiminnan ympäristötekniikka. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 165 s. ISBN 951-690-941-8.
- Heininen, R. 2002. Greenenvironment Oy. [Sähköposti 16.09.2002.]
- Helynen, S., Sipilä, K. & Flyktman, M. 2005. Uusiutuvien energialähteiden edistämishojelman bioenergiaa koskevien taustaolojen ja tavoitteiden arviointi. VTT. PRO2/P2002/05. 28 s.
- Humer, M. & Lechner, P. 1998. High Methane Oxidation Rates in Compost materials for Landfilling Covering Measured in Laboratory Scale Soil Columns. *Julk.: 3rd Swedish Landfill Research Symposia.*
- IPCC 2001. Climate Change 2001: the scientific basis. Houghton J.T. ym. (toim.). Cambridge University Press, Cambridge. 881 s. ISBN 0-521-01495-6.
- Kamon, M., Inazumi, S., Inui, T. & Katsumi, T. 2002. Durability of compacted sludge landfill cover under wetting-drying cycle. *Julk.: de Mello & Almeida (eds.). Proc. 4th International Congress of Environmental Geotechnics.* Swets & Zeitlinger. S. 661–666.
- Kettunen, R.H. 1997. Treatment of landfill leachates by low-temperature anaerobic and sequential anaerobic-aerobic processes. *Väitöskirja. Julkaisuja* 206. **Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tampere.** 142 s.
- Kettunen, R., Rintala, J., Marttinen S., Jokela, J. & Sormunen, K. 2000. Kaatopaikkavesien vaikutus yhdyskuntajätevedenpuhdistamon toimintaan ja mitoitukseen sekä kaatopaikkavesien esikäsittelytarpeen ja menetelmien arviointi. Kaato2001-hanke, loppuraportti 20.6.2000. Jyväskylän yliopisto. 70 s. <http://www.jly.fi/KAATO2001.pdf> [Viitattu 7.3.2008].
- Kettunen, R. 2006. Kaatopaikan jätetäytön prosessit ja veden merkitys. *Vesitalous* 2006(6): 6–10.
- Kinnunen, T. (toim.). 2005. Pohjavesitutkimusopas: käytännön ohjeita. Suomen vesiyhdistys. Helsinki. 194 s. ISBN 952-9606-73-7.

- Koerner, R.M., Koerner, G.R. & Eberlé, M.A. 1996. Out-of-plane tensile behaviour of geosynthetic clay liners. *Geosynthetics international* 3(2).
- Kosola, M.-L. & Kauppila, J. 2006. Jätealan ympäristöluvut ja taloudellinen vakuus. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Ympäristöopas 119. 60 s. ISBN 952-11-1947-0. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut> > Ympäristöoppaat > Ympäristöopas-sarja 2005 > YO 119 Jätealan ympäristöluvut...
- Kraus, J.F., Benson, C.H., van Maltby, C. & Wang, X. 1997. Laboratory and field hydraulic conductivity of three compacted paper mill sludges. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering* 123(7): 654-662.
- Latvala, M. 2005. Jätevesilietteen anaerobinen käsittely ja biokaasun hyötykäyttö. Motiva Oy. 20 s. <http://www.motiva.fi/fi/julkaisut/ilmastonmuutos/ilmastonmuutos/jatevesiliete.html>
- Leppänen, M. (toim.). 1998. Kaatopaikan tiivistysrakenteet. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Ympäristöopas 36. 143 s. ISBN 952-11-0232-2.
- Leppänen, M. (toim.). 2002. Ympäristögeotekninen näytteenotto-opas: maa-, huokoskaasu- ja pohjavesinäytteet. Suomen geoteknillinen yhdistys. Helsinki. 38 s.
- Leppänen, M., Vahanne, P. & Ahonen, J. Tiivistysrakenteiden laadunvalvonta. <http://www.ygoforum.fi/tiivlaat.pdf> [Viitattu 10.3.2008.]
- Mallwitz, K. 1998. Crack healing in damaged compacted clay liners in waste deposits. *Environmental geotechnics*, Séco e Pinto (ed.). 1998 Balkema, Rotterdam, ISBN 90-5809-006-X.
- Marr, W.A. & Christopher, B. 2004. Slope design using geosynthetic clay liners. *Julk.: Proceedings of EuroGeo 3, 2004.*
- Meer, S.R. & Benson, C.H. 2007. Hydraulic conductivity of geosynthetic clay liners exhumed from land-fill final covers. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering* 133(5): 550-563.
- Mroueh, U.-M., Heikkinen, P., Jarva, J., Voutilainen, P., Vahanne, P. & Pulkkinen K. 2005. Riskinarviointi kaivosten sulkemishankkeessa, 28.10.2005. VTT Prosessit. Projektiraportti PRO3/P3039/05. (Viitt. Heikkinen, P.M. & Noras, P. 2005)
- Nikulainen, V. & Kalevi, K. (toim.). 1997. Saastuneen maa-alueen tutkimuksen ja kunnostuksen työsuojeluopas. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 17. 83 s. ISBN 952-11-0582-8. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut> > Ympäristöoppaat > Ympäristöopas-sarja 1997 > YO 17 Saastuneen maa-alueen...
- Panarotto, C.T., Robart, G., Cabral A., Chartier, R., Burnotte, F. & Lefevbre, G. 1999. Using deinking residues in cover systems. *Julk.: Proceedings of Seventh International Waste Management and Landfill Symposium, Cagliari, Sardinia, Italia, 4.-8.10. 1999.*
- Penttinen, R. & Kauppila, J. 2001. Venetelakoiden ja talvisäilytysalueiden maaperän kunnostustarve. Esiselvitys. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen moniste 213. 107 s. ISBN 952-11-0842-8.
- Podgorney, R.K. & Bennett, J.E. 2006. Evaluating the long-term performance of geosynthetic clay liners exposed to freeze-thaw. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering* 130(2): 265-268.
- Qian, X., Koerner, R.M. & Gray, D.H. 2002. Geotechnical aspects of landfill design and construction. Prentice-Hall. 717 s. ISBN 0-13-012506-7.
- Rathmayer, H. & Juvankoski, M. 1996. Geosyntetisten tiivistemateriaalien ja -rakenteiden testausmenetelmät. VTT-Yhdyskuntateknikka, Tie- ja geotekniikka. Julkaisematon.
- Reinikainen, A. & Tanskanen, J.-H. 1992. Yhdyskuntajätteen kaatopaikan suotovesien käsittelyvaihtoehtot. Vesi- ja ympäristöhallitus. Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 443. 76 s. ISBN 951-47-6708-X.
- Reinikainen, J. 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittäysperusteet. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Suomen ympäristö 23. 164 s. ISBN 978-952-11-2731-1. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut> > Suomen ympäristö > Suomen ympäristö -sarja 2007 > SY23/2007 Maaperän kynnys- ja...
- Rossi, E. 1999. Multimedia-riskinarviointimallien vertailu – MMSOILS, Multimed ja CalTOX. Suomen ympäristö. Luonnos 23.6.1999.
- Saarniaho, A. 2007. Kiertokapula Oy:n Karanojan jätteenkäsittelyalueella syntyvän biokaasun hyötykäyttöselvitys. Julkaisematon.
- Saarela, J. 1997. Hydraulic approximation of infiltration characteristics of surface structures on closed landfills. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Monographs of the Boreal Environment Research 3. 139 s. ISBN 952-11-0961-0.

- Sarkkila, J., Mroueh, U.-M. & Leino-Forsman, H. 2004. Pilaantuneen maan kunnostaminen ja laadunvarmistus. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 110. 132 s. ISBN 952-11-1600-5. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut> > Ympäristöoppaat > Ympäristöopas-sarja 2004 > YO 110 Pilaantuneen maan...
- Schroeder, P.R., Gibson, A.C. & Smolen, M.D. 1984a. The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model. U.S. EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response. Washington D.C. Documentation for Version I, EPA/530-SW-84-010, 2.
- Schroeder, P.R., Gibson, A.C. & Smolen, M.D. 1984b. The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model. U.S. EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response. Washington D.C. User's Guide for Version I, EPA/530-SW-84-009, 1. (Ref. Peyton & Schroeder 1988).
- Simon, F.-G. & Müller, W.W. 2004. **Standard and alternative landfill capping design in Germany.** *Environmental Science & Policy* 7(4): 277-290.
- Sorvari, J. & Assmuth, T. 1998. Saastuneiden alueiden riskinarviointi: mitä, miksi, miten. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 50. 152 s. ISBN 952-11-0408-2. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut> > Ympäristöoppaat > Ympäristöopas-sarja 1998 > YO 50 Saastuneiden alueiden...
- Suomen ympäristökeskus. 2006. Pilaantuneen maa-alueen ekotehokkaan kunnostamisen tukijärjestelmä. <http://www.ymparisto.fi> > Suomen ympäristökeskus > Tutkimus > Hankkeet ja tulokset > Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden... > Pilaantuneen maa-alueen... [Viitattu 28.2.2008]
- Suomen ympäristökeskus. 2008. Maaperämenetelmien standardisointityöryhmä. <http://www.ymparisto.fi> > Tutkimus > Tutkimusta tukevat palvelut > Ympäristöalan menetelmästandardisointi > Maaperämenetelmien standardisointityöryhmä [Viitattu 11.3.2008]
- Tammirinne, M., Juvankoski, M., Laaksonen, R. & Rathmayer, H. 2004. Kaatopaikan tiivistysrakenteiden ja -materiaalien tuotehyväksyntä. Menettelyopas vapaaehtoiselle tuotehyväksynnälle. VTT Rakennus- ja yhdyskuntateknikka, Espoo. 24 s. ISBN 952-5004-51-1.
- Tuhola, M. 1997. Maarakennustyömaan ympäristöopas. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 31. 80 s. ISBN 952-11-0170-9. ISSN 1238-8602.
- Tuomainen, J. 2006. Vastuu pilaantuneen ympäristön puhdistamisesta. Suomalainen lakimiesyhdistys ry, Helsinki. E-sarja 15. 259 s. ISBN 951-855-262-2.
- U.S. EPA. 1995. Ground-Water and Leachate Treatment Systems. EPA Manual EPA/625/R-94/005.
- U.S. EPA. 2008. Waste and Cleanup Risk Assessment. <http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/index.htm> [Viitattu 28.2.2008]
- Vangpaisal, T. & Bouazza, A. 2004. Gas Permeability of Partially Hydrated geosynthetic Clay Liners. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. 3(1): 93–102.
- Viswanadham, B.V.S. & Jessberger, H.L., 2005 Centrifuge modeling of geosynthetic reinforced clay liners of landfills. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering* 131(5): 564–574.
- Wahlström, M., Laine-Ylijoki, J., Eskola, P., Vahanne, P., Mäkelä, E., Vikman, M., Venelampi, O., Hämäläinen, J. & Frilander, R. 2004. Kaatopaikkojen tiivistysrakennemateriaaleina käytettävien teollisuuden sivutuotteiden ympäristökelpoisuus. VTT, Espoo. VTT tiedotteita 2246. 84 s. ISBN 951-38-6470-7.
- Wong, L.C. & Haug, M.G. 1991. Cyclical closed-system freeze-thaw permeability testing of soil liner and cover materials. *Canadian Geotechnical Journal* 28(6): 784–793.
- Ympäristöministeriö. 1992. Asumisjätevesistä poikkeavien jätevesien johtaminen viemäriin. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Helsinki. Työryhmän mietintö 71. 42 s.
- Ympäristöministeriö. 1998a. Työsuojelu maa- ja vesirakennustöissä. Suomen ympäristökeskus, ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristöopas 37. 55 s. ISBN 952-11-0236-5.
- Ympäristöministeriö. 1998b. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2005. Helsinki. Suomen ympäristö 260. 243 s. ISBN 951-37-2684-3. <http://www.ymparisto.fi> > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön julkaisut Ympäristöopas-sarjassa 1996–2005
- Ympäristöministeriö. 2005. Vakuuden asettaminen jätteen hyödyntämis- ja käsittelytoiminnassa. YM2/401/2003. <http://www.miljo.fi> > Lagstiftning > Miljöskyddslagstiftning > Avfallslagsstiftningen > Vakuuden asettaminen... [Viitattu 28.2.2008]
- Ympäristöministeriö. 2007. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007. 210 s. ISBN 978-952-11-2725-0. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut> > Ympäristöhallinnon ohjeita > Ympäristöhallinnon ohjeita –sarja 2007 > OH2/2007 Maaperän pilaantuneisuuden...

Liite I. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista ja sen muutokset

Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 4.9.1997/861

Valtioneuvosto on ympäristöministeriön esittelystä päättänyt 3 päivänä joulukuuta 1993 annetun jätelain (1072/1993) 18 ja 26 §:n ja 78 §:n 3 momentin nojalla:

1 §

(18.11.1999/1049)

Tavoite

Tämän päätöksen tavoitteena on pinta-veden, pohjaveden, maaperän ja ilman pilaantumisen ehkäisemiseksi sekä ilmastomuutoksen ja muiden siihen rinnastettavien laaja-alaisten haitallisten ympäristövaikutusten torjumiseksi ohjata kaatopaikkojen suunnittelua, perustamista, rakentamista, käyttöä, hoitoa, käytöstä poistamista ja jälkihoitoa sekä jätteiden sijoittamista niille siten, ettei niistä pitkänkään ajan kuluessa aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

2 §

Soveltamisala ja määritelmät

Kaatopaikoista ja jätteiden sijoittamisesta niille on sen lisäksi, mitä jätelaissa (1072/1993) ja -asetuksessa (1390/1993) säädetään, voimassa mitä tässä päätöksessä säädetään.

Tätä päätöstä ei sovelleta paikkaan, jonne sijoitetaan vain pilaantumaton maa-ainesjätettä, mineraalivarojen etsinnässä, louhinnassa, rikastuksessa tai varastoinnissa taikka louhostoiminnassa syntynyttä pysyvää, tavanomaista jätettä. Päätöstä ei myöskään sovelleta tavanomaiseksi jätteeksi luokitellun ruoppausmassan sijoittamiseen vesistöön tai mereen taikka sen pohjaan tai sen alla ole-

vaan maaperään eikä pilaantumattoman ruoppausjätteen sijoittamiseen maan päälle tai maahan sen vesiväylän läheisyydessä, josta se on poistettu. Liitteessä 1 olevaa 3 ja 4 kohtaa ei sovelleta jätteiden sijoittamiseen kaivokseen tai muuhun syvällä kallioperässä sijaitsevaan paikkaan (*maalainen sijoituspaikka*). (23.3.2006/202)

Tässä päätöksessä tarkoitetaan:

1) *kaatopaikalla* jätteiden käsittelypaikkaa, jossa jätettä sijoitetaan maan päälle tai maahan, mukaan lukien

- tuotantopaikan yhteydessä oleva paikka, jonne jätteen tuottaja sijoittaa omaa jätettään ja
- yli vuoden käytössä oleva paikka, jossa jätettä varastoidaan väliaikaisesti;
- kaatopaikkana ei kuitenkaan pidetä
- paikkaa, jossa jätettä puretaan sekä lajitellaan, yhdistetään tai valmistellaan muulla tavoin siirrettäväksi muualle esikäsitteltäväksi, käsiteltäväksi tai hyödynnettäväksi,
- alle kolmen vuoden pituista jätteen varastointia ennen sen hyödyntämistä tai esikäsittelyä eikä
- alle yhden vuoden pituista jätteen varastointia ennen sen käsittelyä;

(18.11.1999/1049)

2) *tavanomaisella jätteellä* jätettä, joka ei ole ongelmajätettä;

3) *pysyvällä jätteellä* jätettä, joka ei liukene, pala tai reagoi muutoin fysikaalisesti tai kemiallisesti eikä hajoa biologisesti tai reagoi muiden aineiden kanssa aiheuttaen vaaraa terveydelle tai ympäristölle ja jossa ei pitkänkään ajan kuluessa tapahdu olennaisia muita fysikaalisia, kemiallisia tai biologisia muutoksia sekä jonka sisältämien haitallisten aineiden kokonaishuhtoutuminen ja -pitoisuus samoin kuin jätteestä muodostuvan kaatopaikkaveden myrkyllisyys ympäristölle on merkityksetön eikä siitä ennen kaikkea aiheudu vaaraa pinta- tai pohjaveden laadulle; (18.11.1999/1049)

4) *biohajoavalla jätteellä* jätettä, joka voi hajota aerobisesti tai anaerobisesti, kuten elintarvike-, puutarha-, paperi- ja kartonkijätettä; (18.11.1999/1049)

4a) *nestemäisellä jätteellä* jätevetä ja muuta nestemäisessä muodossa olevaa jätettä, ei kuitenkaan lietettä; (18.11.1999/1049)

5) *kaatopaikkavedellä* kaatopaikalle sijoitetun jätteen läpi suotautuvaa tai muuta kaatopaikalla muodostuvaa likaantunutta nestettä;

6) *kaatopaikkakaasulla* kaatopaikalle sijoitetusta jätteestä syntyvää kaasua;

7) *esikäsittelyllä* lajittelu mukaan lukien fysikaalisia, kemiallisia, biologisia tai termisiä menetelmiä, joiden avulla muutetaan jätteen ominaisuuksia sen määrän tai haitallisuuden vähentämiseksi taikka sen käsittelyn helpottamiseksi tai hyödyntämisen tehostamiseksi; (18.11.1999/1049)

8) *kaatopaikan pitäjällä* kulloinkin kaatopaikasta vastuussa olevaa luonnollista henkilöä tai oikeushenkilöä; sekä

9) *kaatopaikan jälkihoidolla* käytöstä poistettavan tai käytöstä poistetun kaatopaikan ympäristövaikutusten seuraamiseksi tai torjumiseksi toteutettavia toimia.

3 §

Kaatopaikkaluokat ja eri kaatopaikoille sijoitettavat jätteet

Kaatopaikka luokitellaan ongelmajätteen, tavanomaisen jätteen tai pysyvän jätteen kaatopaikaksi.

Kaatopaikalle saa sijoittaa vain kaatopaikan luokituksen mukaisia jätteitä, jollei tämän päätöksen liitteessä 2 toisin säädetä. (23.3.2006/202)

4 §

Jätteiden sijoittamista kaatopaikalle koskevat yleiset rajoitukset

Kaatopaikalle ei saa sijoittaa:

1) jätettä, jota ei ole esikäsittely; vaatimus ei koske sellaista pysyvää jätettä, jonka esikäsittelyä ei voida teknisesti toteuttaa eikä muutakaan jätettä, jos esikäsittely ei edistä 1 §:ssä tarkoitetun tavoitteen saavuttamista vähentämällä jätteen määrää taikka terveydelle tai ympäristölle aiheutuvaa vaaraa tai haittaa; (18.11.1999/1049)

2) sellaista asumisessa syntynyttä jätettä taikka ominaisuudeltaan ja koostumukseltaan siihen rinnastettavaa teollisuus-, palvelu- tai muussa toiminnassa syntynyttä jätettä, jonka biohajoavasta jätteestä suurinta osaa ei ole kerätty talteen erillään muusta jätteestä tai toimitettu muulla tavoin hyödyntämistä tai muuta käsittelyä varten; (23.3.2006/202)

2a) nestemäistä jätettä; (18.11.1999/1049)

3) jätettä, joka on kaatopaikkaolosuhteissa räjähtävää, syövyttävää, hapettavaa taikka helposti syttyvää tai syttyvää siten kuin nämä ominaisuudet määritellään jäteasetuksen liitteessä 4; (18.11.1999/1049)

4) sairaalassa ja eläinlääkäriasemalla sekä siihen rinnastettavassa toiminnassa syntynyttä jätettä, joka on tartuntavaarallista siten

kuin tämä ominaisuus määritellään jäteasetuksen liitteessä 4 eikä myöskään saman asetuksen liitteessä 2 A luokassa 14 tarkoitettua jätettä;

5) käytöstä poistettuja auton, työkoneen tai muun ajoneuvon renkaita tai niiden silppua; kielto ei kuitenkaan koske polkupyörän renkaita; eikä (18.11.1999/1049)

6) sellaista jätettä, joka ei täytä tämän päätöksen liitteessä 2 tarkoitettuja kaatopaikkajätteelle asetettavia kelpoisuusvaatimuksia.

Jätettä ei saa laimentaa tai sekoittaa muuhun jätteeseen tai aineeseen ainoastaan kaatopaikkajätteelle asetettavien kelpoisuusvaatimusten täyttämiseksi.

5 §

(10.1.2002/13)

Kaatopaikan ympäristölupa

Kaatopaikan ympäristölupaa koskevasta hakemuksesta ja lupa-asian käsittelystä säädetään ympäristönsuojelulaissa (86/2000) ja ympäristönsuojeluasetuksessa (169/2000). (10.1.2002/13)

Lupaviranomaisen on tarkastettava, että kaatopaikka vastaa lupahakemusta ja lupamääräyksiä ennen kuin se otetaan käyttöön tai poistetaan käytöstä.

6 §

Jätteestä annettavat tiedot

Tuotaessa jätettä sijoitettavaksi kaatopaikalle on jätteen haltijan tai muun tuojan annettava kaatopaikan pitäjälle:

- 1) tiedot jätteen alkuperästä;
- 2) tiedot jätteen luokittelusta 75 §:n 1 kohdassa tarkoitettun luettelon mukaisesti; (10.1.2002/13)
- 3) tuotaessa ongelmajätettä, ongelmajätteistä annettavista tiedoista sekä ongelmajätteiden pakkaamisesta ja merkitsemisestä annetussa valtioneuvoston päätöksessä (659/1996) tarkoitettu jätteen siirtoasiakirja; (18.11.1999/1049)

3a) maahan tuotavasta jätteestä, Euroopan yhteisössä, Euroopan yhteisöön ja Euroopan yhteisöstä tapahtuvien jätteiden siirtojen valvonnasta ja tarkastamisesta annetussa neuvoston asetuksessa (ETY) N:o 259/93 edellytetyt asiakirjat; sekä (18.11.1999/1049)

4) jäljennös liitteessä 2 tarkoitetuista perusmäärittelyä koskevista merkityksellisistä asiakirjoista, jollei ole kysymys asumisessa syntyneestä jätteestä tai ominaisuudeltaan ja koostumukseltaan siihen rinnastettavasta jätteestä. (23.3.2006/202)

Jos kaatopaikalle tuodaan toistuvasti saman jätteen tuottajan samanlaatuista jätettä, riittää, että 1 momentin 4 kohdassa tarkoitettut asiakirjat annetaan ennen kuin ensimmäinen jäte-erä toimitetaan kaatopaikalle.

Jätteen haltijan on seurattava jätteen laatua vastaavuustestauksin liitteen 2 mukaisesti ja esitettävä tiedot kaatopaikan pitäjälle vähintään kerran vuodessa, jos jätettä tuodaan edelleen kaatopaikalle. (23.3.2006/202)

Mitä tässä pykälässä säädetään, koskee soveltuvin osin jätteen haltijaa silloin, kun tämä on samalla kaatopaikan pitäjä ja kun kaatopaikalle sijoitetaan vain tämän omassa toiminnassa syntynyttä jätettä.

7 §

Jätteen vastaanotto kaatopaikalla

Kaatopaikan pitäjän on huolehdittava, että jätettä kaatopaikalle vastaanotettaessa:

- 1) tarkastetaan jätettä koskevat 6 §:n 1 momentissa tarkoitettut tiedot ja asiakirjat sekä varmistetaan, että jäte on lupapäätöksessä hyväksytty sijoitettavaksi kaatopaikalle; (18.11.1999/1049)

2) tarkastetaan jäte jätekuormaa vastaan- otettaessa ja tyhjennettäessä sen varmistamiseksi, että jäte on siitä esitettyjen tietojen ja asiakirjojen mukainen, sekä otetaan mahdollisia tarkastustestejä varten jätteestä tarvittaessa tarpeelliset näytteet, jotka on säilytettävä vähintään yhden kuukauden ajan; (18.11.1999/1049)

3) annetaan jätteen tuojalle kirjallinen todistus kaatopaikalle vastaanotetusta jätteestä;

4) ilmoitetaan viipymättä lupaviranomaiselle jätteestä, jota ei ole otettu vastaan;

5) pidetään kirjaa vastaanotetun jätteen lajista, määrästä, alkuperästä, toimituspäivämäärästä ja tuottajasta tai, jos kysymys on asumisessa syntyneestä jätteestä tai ominaisuudeltaan ja koostumukseltaan siihen rinnastettavasta jätteestä, jätteen tuojasta; sekä (18.11.1999/1049)

6) merkitään muistiin kaatopaikan osa, jonne sijoitetaan ongelmajätettä.

Mitä tässä pykälässä säädetään, koskee soveltuvin osin kaatopaikan pitäjää silloin, kun tämä on samalla jätteen haltija ja kun kaatopaikalle sijoitetaan vain tämän omassa toiminnassa syntynyttä jätettä.

8 §

Valvonta ja tarkkailu

Kaatopaikan pitäjän on valvottava ja tarkkailtava kaatopaikkaa ja sen ympäristöä tämän päätöksen liitteen 3 mukaisesti.

Kunkin vuoden valvonta- ja tarkkailutiedoista on toimitettava seuraavan vuoden helmikuun loppuun mennessä liitteessä 3 olevassa 6 kohdassa tarkoitettu raportti lupaviranomaiselle. Havaituista merkityksellisistä terveys- ja ympäristöhaitoista on kuitenkin ilmoitettava viipymättä lupaviranomaiselle. (23.3.2006/202)

Mitä tässä pykälässä säädetään, koskee soveltuvin osin myös tämän päätöksen voimaantulon jälkeen käytöstä poistettua kaatopaikkaa.

8 a §

(23.3.2006/202)

Täytöntöönpanon seuranta

Suomen ympäristökeskuksen on vuosittain 1 päivään heinäkuuta mennessä, ensimmäisen kerran vuonna 2007, laadittava ympäristöministeriölle selvitys tämän päätöksen, erityisesti sen 4 §:n 1 momentin 2 kohdan, liitteessä 1 olevan 5 kohdan sekä liitteessä 2 olevan 3.5 ja 3.6 kohdan täytöntöönpanosta. Suomen ympäristökeskuksen on joka kolmas vuosi laadittava eräiden ympäristöä koskevien direktiivien täytöntöönpanoon liittyvien kertomusten standardoinnista ja järjeistämistä annetun neuvoston direktiivin 91/692/ETY 5 artiklan mukaisesti Euroopan yhteisöjen komissiolle kertomus kaatopaikoista annetun neuvoston direktiivin 1999/31/EY täytöntöönpanosta Suomessa. Suomen ympäristökeskuksen on myös huolehdittava tämän päätöksen liitteessä 2 olevassa 3.6 kohdassa tarkoitettujen tiedon toimittamisesta Euroopan yhteisöjen komissiolle ja muille Euroopan unionin jäsenvaltioille.

Lupaviranomaisen ja alueellisen ympäristökeskuksen on vuosittain 1 päivään toukokuuta mennessä toimitettava 1 momentissa tarkoitettujen selvitysten laatimista varten tarpeelliset tiedot Suomen ympäristökeskukselle. Tämän päätöksen 4 §:n 1 momentin 2 kohdassa tarkoitettujen rajoitusten toteutumisen seuraamiseksi toimitettaviin tietoihin alueellisen ympäristökeskuksen on liitettävä arvio toiminta-alueellaan syntyneistä, erilliskerätyistä, esikäsitellyistä, kierrätetyistä, muulla tavoin hyödynnetyistä, kaatopaikoil-

le sijoitetuista ja muulla tavoin käsitellyistä biohajoavista jätteistä.

Lupaviranomaisen on viivytyksettä toimitettava tiedot tämän päätöksen liitteessä 2 olevan 3.6 kohdan perusteella tehdyistä päätöksistä Suomen ympäristökeskukselle.

A:lla 202/2006 lisätty 8 a § tulee voimaan 1.9.2006.

9 §

(18.11.1999/1049)

Käytössä oleva kaatopaikka

Tätä päätöstä, lukuun ottamatta liitteen 1 kohtaa 1, sovelletaan myös tämän päätöksen voimaan tullessa käytössä olevaan kaatopaikkaan.

10 §

Voimaantulo- ja siirtymäsäännökset

Tämä päätös tulee voimaan 1 päivänä lokakuuta 1997. Päätöksen 4 §:n 1 momentin 1 ja 2 kohta tulevat kuitenkin voimaan 1 päivänä tammikuuta 2005, jollei lupaviranomainen ole määrännyt aikaisempaa voimaantulopäivää.

2 momentti on kumottu P:llä
18.11.1999/1049.

3 momentti on kumottu P:llä
18.11.1999/1049.

Liite I

KAATOPAIKALLE ASETETTAVAT YLEISET VAATIMUKSET

1. Sijainti (18.11.1999/1049)

Kaatopaikkaa ei saa sijoittaa:

- tärkeälle tai muulle vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella tai siten, että kaatopaikan haitalliset vaikutukset voivat ulottua tällaiselle pohjavesialueelle,

- vesistöön tai mereen taikka vedenhankintaan tai virkistyskäyttöön tarkoitetun tai erityistä suojelua vaativan vesistön tai meren läheisyyteen,

- luonnonsuojelu-, maisemansuojelu- tai virkistysalueeksi varatulle alueelle, luonnonperinnön tai kansallisen kulttuuriperinnön säilyttämiseksi suojellulle alueelle taikka niiden välittömään läheisyyteen,

- suolle, vedenjakajalle, tulva-, maanviermä- tai lumivyöryvaaran alaiselle maalle taikka kallioperän ruhjealueelle, jos kaatopaikkaveden kokoaminen ja käsittely on teknisesti vaikea toteuttaa kaatopaikan käytön tai jälkihoidon aikana eikä

- pehmeikköalueelle, jos kaatopaikasta voi aiheutua haitallista painumista tai painumat voivat vaurioittaa kaatopaikan rakenteita.

Kaatopaikka-alueen valinnassa on lisäksi huolehdittava, että kaatopaikan sijoittamisesta ei aiheudu maisemallista haittaa, että alueelle on hyvät kulkuyhteydet ja että kaatopaikkatoimintaan käytettävän alueen etäisyys asutuksesta, yleisesti käytetystä tiestä ja muusta maatalous- tai kaupunkialueesta on riittävä. Samoin on otettava huomioon alueen geologiset ja hydrogeologiset ominaisuudet.

Kaatopaikan sijoittamisesta valtakunnallisen jätteenkäsittelyn järjestämisen kannalta säädetään jätelain 6 §:n 11 kohdassa.

2. Vesien hallinta ja käsittely

Kaatopaikka-alueen puhtaat pintavedet ja ulkopuoliset valumavedet on pidettävä erillään jätteestä ja kaatopaikkavesistä. Samoin on estettävä kaatopaikalle sijoitetun jätteen joutuminen kosketuksiin pohjaveden kanssa.

Kaatopaikkavedet on kerättävä yhteen soveltuvien teknisien ratkaisuin, kuten salaojituksin ja pumppauksin.

Kaatopaikkaa on hoidettava siten, että sen ulkopuolelle johdettavien kaatopaikkavesien määrä on mahdollisimman pieni ja niistä aiheutuva kuormitus mahdollisimman vähäinen. Kerätyt kaatopaikkavedet on puhdistettava tehokkaasti kaatopaikalla tai johdettava muualle puhdistettaviksi. Jos vedet johdetaan muualle puhdistettaviksi, on varmistettava, etteivät kaatopaikkavedet heikennä kunnallisen tai muun vedenpuhdistamon toimintaa tai puhdistamolietteen laatua. Jos kaatopaikkavettä tai sen käsittelyssä muodostuneita sakkoja tai lietteitä palautetaan jätepenkereeseen, on varmistettava, että tämä tehdään hallitusti haittaa aiheuttamatta.

Edellä tarkoitettuja vesien hallintaa ja käsittelyä koskevia vaatimuksia voidaan jättää soveltamatta pysyvän jätteen kaatopaikalla.

3. Maaperän ja vesien suojelu

3.1 Kaatopaikan pohjarakenteet

Kaatopaikan maaperälle (kivennäismaa tai kallio) asetetaan seuraavat vaatimukset:

- kaatopaikan maaperän on oltava kantava ja
- kaatopaikan maaperän on täytettävä sellaiset veden kyllästämisen maan vedenläpäisevyys- (K) ja paksuusvaatimukset, että niiden yhdistetty vaikutus vastaa seuraavilla kaatopaikoilla vähintään seuraavia vaatimuksia:

a) ongelmajätteen kaatopaikalla
 $K \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s paksuus ≥ 5 m,

b) tavanomaisen jätteen kaatopaikalla

$K \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s paksuus ≥ 1 m ja

c) pysyvän jätteen kaatopaikalla

$K \leq 1,0 \times 10^{-7}$ m/s paksuus ≥ 1 m.

Jos kaatopaikan maaperän tiiveys ei luonnostaan vastaa edellä tarkoitettuja vaatimuksia, on sitä parannettava rakennetulla tiivistyskerroksella vastaavan suojatason saavuttamiseksi. Rakennetun tiivistyskerroksen paksuuden on oltava tavanomaisen jätteen ja pysyvän jätteen kaatopaikoilla vähintään 0,5 metriä ja ongelmajätteen kaatopaikalla vähintään 1,0 metriä.

Kaatopaikkaveden keräämiseksi on tavanomaisen jätteen ja ongelmajätteen kaatopaikkojen maaperän tai tiivistyskerroksen päälle lisäksi asennettava kaatopaikan tiivistämiseen tarkoitettu keinotekoinen eriste ja tämän päälle kuivatuskerros (salaojakerros), jonka paksuuden on oltava vähintään 0,5 metriä. Pysyvän jätteen kaatopaikalle asetettavat tässä tarkoitettavat vaatimukset määrätään taupauskohtaisesti.

3.2 Kaatopaikan pintarakenteet

Täyttöalueen saavutettua lopullisen korkeutensa on sen päälle rakennettava pintakerros, jossa ovat seuraavat rakennekerrokset ylhäältä alaspäin lueteltuina:

Kerros	Kaatopaikkaluokka	
	Tavanomaisen jätteen	Ongelmajätteen
Pintakerros ≥ 1 m	Vaaditaan	Vaaditaan
Kuivatuskerros $\geq 0,5$ m	Vaaditaan	Vaaditaan
Tiivistyskerros $\geq 0,5$ m	Vaaditaan	Vaaditaan
Keinotekoinen eriste	Ei vaadita	Vaaditaan
Kaasunkeräyskerros	Vaaditaan	Tarpeen mukaan

Rakennejärjestystä voidaan perustellusta syystä muuttaa.

4. Kaatopaikkakaasun hallinta

Kaatopaikkakaasun kertymistä ja purkauksista on valvottava tämän päätöksen liitteen 3 mukaisesti.

Kaatopaikkakaasu on kerättävä yhteen ja mahdollisuuksien mukaan hyödynnettävä. Jos kerättyä kaasua ei voida hyödyntää, on se käsiteltävä polttamalla.

5. Kaatopaikan pohja- ja pintarakenteita sekä kaatopaikkaveden ja -kaasun keräämistä koskevat poikkeukset (10.1.2002/13)

Lupaviranomainen voi päätöksellään lieventää kohdassa 2–4 tarkoitettuja vaatimuksia

- kaatopaikkavesien keräämisestä yhteen ja käsittelystä,
- kaatopaikan pohja- ja pintarakenteista tai
- kaatopaikkakaasun keräämisestä yhteen ja hyödyntämisestä tai käsittelystä,

jos kaatopaikan pitäjä kaatopaikan terveys- ja ympäristövaikutusten kokonaisarvioinnin perusteella luotettavasti osoittaa, ettei kaatopaikasta ja jätteiden sijoittamisesta sille voi aiheutua pitkänkään ajan kuluessa jätelaissa tai ympäristönsuojelulaissa taikka niiden nojalla annetuissa säännöksissä tarkoitettua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle eikä ympäristönsuojelulain 7 §:ssä tarkoitetun maaperän pilaamiskiellon tai 8 §:ssä tarkoitetun pohjaveden pilaamiskiellon rikkomista. Kaatopaikalla käytettävän tekniikan sekä terveys- ja ympäristöhaitan torjuntamenetelmän on tällöinkin oltava 6 §:n 5 kohdassa säädetyn mukaisia.

6. Vaaka

Jätteen punnitsemista varten on oltava käytettävissä vaaka, jos kaatopaikalle sijaitaan jätettä enemmän kuin 30 000 kuutiometriä vuodessa.

7. Muut vaatimukset (18.11.1999/1049)

Kaatopaikalla on estettävä ja torjuttava suunnitelmallisesti haitat ja vaaratilanteet, kuten:

- sortumat ja rakenteita vahingoittavat painumat sekä jätepenkereen puutteellinen vakavuus,
- ympäristön roskaantuminen,
- yleisten teiden likaantuminen,
- melu- ja liikennehaitat,
- eläinten aiheuttamat haitat,
- haju- ja pölypäästöt sekä aerosolit,
- tulipalot ja
- routimisesta johtuva kaatopaikkarakenteiden vaurioituminen.

Asiaton pääsy ja jätteen luvaton sijoittaminen kaatopaikalle on estettävä valvonnalla ja rakenteellisin keinoin, kuten kaatopaikkaa ympäröivällä aidalla. Kaatopaikan portit on pidettävä lukittuina muina kuin aukioloaikoina.

Kaatopaikan pitäjän on järjestettävä kaatopaikan vastaavalle hoitajalle ja muulle henkilöstölle tehtävien asianmukaisen hoidon edellyttämä ammatillinen ja tekninen koulutus.

Liite 2 (23.3.2006/202)

**MENETTELYT JA PERUSTEET JÄTTEEN
HYVÄKSYMISEKSI KAASTOPAIKOILLE**

Tässä liitteessä määritellään tämän päätöksen, erityisesti sen 4 §:n 1 momentin 6 kohdan soveltamisessa noudatettavat periaatteet ja menettelyt jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden arvioimiseksi sekä raja-arvot ja muut perusteet jätteiden hyväksymiseksi kulloisenkin luokituksen mukaiselle kaatopaikalle. Lisäksi määritellään arvioinnissa käytettävät näytteenotto- ja analyysimenetelmät.

Liitteessä olevaa 2 ja 3 kohtaa ei sovelleta jätteeseen, joka syntyy mineraalivarojen etsinnässä, louhinnassa, rikastuksessa tai varastoinnissa taikka louhostoiminnassa ja sijoitetaan kyseiselle kaivos- tai louhosalueelle.

**1. Arvioinnissa ja kelpoisuusvaatimusten
määrittelyssä sovellettavat
yleiset periaatteet**

Jätteen kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnin on perustuttava luotettaviin tietoihin jätteen alkuperästä ja ominaisuuksista. Ominaisuuksia koskevia arviointiperusteita ovat:

- 1) jätteen koostumus;
- 2) jätteen orgaanisen aineksen määrä ja hajoavuus;
- 3) jätteen haitallisten aineiden määrä ja liukoisuusominaisuudet;
- 4) jätteen ja siitä muodostuvan kaatopaikkaveden ekotoksikologiset ominaisuudet.

Arvioinnin on lisäksi perustuttava kaatopaikkaa koskeviin seuraaviin tietoihin:

- 1) kaatopaikan ominaisuudet ja laatutaso sekä sen ympäristön suojele (maaperä, pohjavesi ja pintavesi);
- 2) ympäristönsuojelujärjestelyiden laatutaso ja niiden turvaaminen (esimerkiksi eris-

tysrakenteet sekä kaatopaikkavesien kokoaminen ja käsittely);

3) jätetäytön vakavuus ja sen turvaaminen;

4) ihmisen terveyttä uhkaavien vaarojen torjunta.

Kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa on sovellettava seuraavaa kolmitasoista menettelyä:

1) jätteen perusmäärittely, jossa standardoiduin menetelmin selvitetään riittävän tarkasti jätteen ominaisuudet sen osoittamiseksi, että jäte täyttää kulloisenkin luokituksen mukaiselle kaatopaikalle sijoitettavalle jätteelle määritellyt kaatopaikkakelpoisuuden vaatimukset ja että jätteen sijoittaminen kaatopaikalle on turvallista pitkälläkin aikavälillä;

2) jätteen vastaavuustestaus, jossa standardoiduin lyhytkestoisin menetelmin säännöllisesti mitataan perusmäärittelyssä tunnistetut jätteen tyypilliset ominaisuudet sen varmistamiseksi, että jäte täyttää lupamääräykset;

3) kaatopaikalla tehtävä jätteen tarkastus, jolla varmistetaan, että jäte vastaa esitettäviä asiakirjoja.

Jäte hyväksytään sijoitettavaksi kaatopaikalle vain, jos se täyttää kulloisenkin luokituksen mukaiselle kaatopaikalle sijoitettavalle jätteelle määritellyt kelpoisuusvaatimukset.

Tämän päätöksen 4 §:n 1 momentin 1-5 kohdassa säädettyjen jätteiden sijoittamista koskevien yleisten rajoitusten ohella on erityisesti otettava huomioon rajoitukset, jotka sisältyvät PCB:n ja PCB-laitteistojen käytöstä poistamisesta sekä PCB-jätteen käsittelystä annettuun valtioneuvoston päätökseen (711/1998) ja pysyvistä orgaanisista yhdisteistä sekä direktiivin 79/117/ETY muuttamisesta annettuun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen (EY) N:o 850/2004.

2. Arviointimenettely

Kaatopaikalle sijoitettavasta jätteestä on tehtävä perusmäärittely. Määrittely on tehtävä jäte-erittäin, jollei ole kysymys säännöllisesti samassa prosessissa syntyvästä jätteestä¹. Myös tällaisesta jätteestä on ensi vaiheessa tehtävä perusmäärittely, mutta tämän jälkeen riittää perusmäärittelyyn perustuva vastaavuustestaus. Kukin kaatopaikalle toimitettava jäte-erä on tarkastettava. Jätteen näytteenotossa ja testauksessa on käytettävä jäljempänä määriteltyjä menetelmiä.

2.1. Perusmäärittely

Perusmäärittelyssä on:

- 1) hankittava ja koottava merkitykselliset tiedot jätteestä ja sen käyttäytymisestä kaatopaikalla;
- 2) selvitettävä jätteen esikäsittelymahdollisuudet ja -vaihtoehdot;
- 3) arvioitava jäte 3 kohdassa tarkoitettujen kelpoisuusperusteiden perusteella;
- 4) selvitettävä jätteen tyypilliset ominaisuudet muun ohella avainmuuttujien määrittelemiseksi vastaavuustestausta varten.

Perusmäärittelyssä on otettava huomioon, että siirtokuormausasemilta ja eri kerääjiltä sekä muista vastaavista kohteista peräisin olevien jätteiden ominaisuudet voivat vaihdella huomattavasti.

¹ Tällaisiksi jätteiksi katsotaan yksilöidyt ja olennaisilta ominaisuuksiltaan samanlaisina pysyvät jätteet, joita syntyy säännöllisesti samassa prosessissa; lisäksi edellytetään, että

- laitos ja prosessi ovat yleisesti tunnettuja;
- prosessissa käytettävät materiaalit ja itse prosessi on täsmällisesti määritelty;
- laitoksesta on annettu kaikki tarvittavat tiedot ja kaatopaikan pitäjälle ilmoitetaan käytettävien materiaalien ja prosessin muista muutoksista;
- jäte on peräisin yhdestä laitoksesta; jäte voi myös olla peräisin samanlaisesta prosessista useista laitoksista, jos jäte voidaan määritellä yksilöidyksi jätevirraksi, jossa jätteellä on yhteiset ominaisuudet tietyissä rajoissa;
- prosessissa, jossa jäte syntyy, ei tapahdu olennaisia muutoksia.

Jätteen tuottajan tai haltijan on varmistettava perusmäärittelyssä käytettävien tietojen oikeellisuus.

Kaatopaikan pitäjän on säilytettävä perusmäärittelyä koskevat merkitykselliset asiakirjat vähintään kolmen vuoden ajan niiden vastaanottamisesta.

2.1.1. Perusmäärittelyssä vaadittavat tiedot

Perusmäärittelyä varten on jätteestä oltava käytettävissä seuraavat perustiedot:

- 1) jätteen lähde ja alkuperä, kuten jätteen tuottajan tai haltijan nimi sekä tämän toimipaikan sijainti ja osoite;
- 2) kuvaus prosessista, jossa jäte on syntynyt, mukaan lukien tärkeimmät raaka-aineet ja lopputuotteet;
- 3) kuvaus tämän päätöksen 4 §:n 1 momentin 1 kohdan mukaisesti toteutetusta jätteen esikäsittelystä tai selvitys siitä, miksi esikäsittelyä ei pidetä mahdollisena tai tarpeellisena;
- 4) jätteen koostumus ja, asiaankuuluvissa tapauksissa, liukoisuusominaisuudet;
- 5) jätteen haju, väri, fysikaalinen olomuoto ja muut vastaavat ominaisuudet;
- 6) yleisimpien jätteiden sekä ongelmajätteiden luettelosta annetun ympäristöministeriön asetuksen (1129/2001) mukainen jätteenimikkeen tunnusnumero;

7) jos kysymys on ongelmajätteestä, jäteasetuksen (1390/1993) liitteen 4 mukaiset jätteen luokituksen kannalta merkitykselliset ominaisuudet;

8) tiedot sen selvittämiseksi, että jätteen sijoittaminen ei ole tämän päätöksen 4 §:n 1 momentin 2-6 kohdan tai 2 momentin vastaista eikä jätteen sijoittaminen ole muutoinkaan kielletty;

9) kaatopaikan luokka, jonka mukaiselle kaatopaikalle jäte voidaan hyväksyä sijoitettavaksi;

10) jätteen käyttäytyminen kaatopaikalla ja siihen liittyvät mahdollisesti tarvittavat lisävarotoimet;

11) jätteen kierrätys- tai muut hyödyntämismahdollisuudet.

Säännöllisesti samassa prosessissa syntyvästä jätteestä tehtävää perusmäärittelyä varten on oltava seuraavat lisätiedot:

1) yksilöidyn jätteen koostumuksen vaihtelut ja niiden rajat;

2) jätteen tyypillisten ominaisuuksien vaihtelut ja niiden rajat;

3) asiaankuuluissa tapauksissa, jätteen liukoisuusominaisuudet määritettynä läpivirtaustestein, ravistelutestein tai pH-vaikutustestein taikka niiden yhdistelmin;

4) avainmuuttujat vastaavuustestausta varten ja tiedot testauksen laajuuden ja toistamisen tiheyden määrittelemiseksi;

5) jos kysymys on samanlaisessa prosessissa, mutta eri laitoksissa syntyvistä jätteistä, tiedot jätteiden vastaavuutta koskevasta arvioinnista, jonka on perustuttava riittävään määrään määrittelyä jätteen tyypillisistä ominaisuuksista niiden vaihtelun selvittämiseksi.

2.1.2. Testaus

Jäte on testattava perusmäärittelyssä edellytettyjen tietojen hankkimiseksi jätteen koostumuksesta ja liukoisuusominaisuuksista.

Testausta ei kuitenkaan edellytetä seuraavissa tapauksissa:

1) jäte on 3.1.1 tai 3.2.1 kohdan mukaan suljettu testausvelvollisuudesta;

2) lupaviranomaisen päätöksellä, jos kaikki perusmäärittelyyn tarvittavat tiedot jätteestä ovat käytettävissä ja asianmukaisesti vahvistettuja;

3) lupaviranomaisen päätöksellä, jos perustelluin dokumentoiduin tiedoin on osoitettu, että kyseisen jätteen testaaminen on

epätarkoituksenmukaista tai käytännössä mahdotonta tai että jätteelle ei ole käytettävissä soveltuvia testausmenetelmiä ja kelpoisuusperusteita, ja samalla on esitetty riittävät muut tiedot ja perusteet sille, että jäte voidaan hyväksyä kyseisen luokituksen mukaiselle kaatopaikalle.

Osana perusmäärittelyä ei edellytetä testauksista säännöllisesti samassa prosessissa syntyvän jätteen kustakin erästä, vaan jäte-erät voidaan testata 2.2 kohdan mukaisesti.

2.2. Vastaavuustestaus

Jätteestä, joka syntyy säännöllisesti samassa prosessissa, on tehtävä vastaavuustestaus.

Vastaavuustestausta ei kuitenkaan edellytetä, jos jäte on 2.1.2 kohdan toisen kappaleen 1) tai 3) alakohdan mukaan suljettu perusmäärittelyä varten vaadittavasta testauksesta ja on riittävästi varmistettu, että jäte vastaa perusmäärittelyssä annettuja muita tietoja.

Vastaavuustestaus on tehtävä perusmäärittelyssä määritellyssä laajuudessa ja toistettava vähintään kerran vuodessa. Testauksessa on käytettävä perusmäärittelyssä määritellyjä testausmenetelmiä.

Testaukseen on sisällytettävä:

1) perusmäärittelyssä määriteltyjen avainmuuttujien testaus sen osoittamiseksi, että jäte täyttää näille muuttujille asetetut raja-arvot;

2) yksi tai useampi ravistelutesti;

3) tarvittaessa muita testejä sen osoittamiseksi, että jäte vastaa perusmäärittelyn tietoja ja täyttää 3 kohdassa tarkoitettut kelpoisuusvaatimukset.

Kaatopaikan pitäjän on säilytettävä vastaavuustestausta koskevat merkitykselliset asiakirjat vähintään kolmen vuoden ajan niiden vastaanottamisesta.

2.3. Tarkastus kaatopaikalla

Jätteen vastaanottoon kaatopaikalla liittyvät tämän päätöksen 7 §:ssä säädetty jätteen ja jätekuormien tarkastukset on tehtävä soveltuvien pikamääritysmenetelmin tai ainakin aistinvaraisesti, kuten jätteen värin ja olomuodon sekä poikkeavan öljyn tai liuotimen hajun perusteella.

3. Jätteen kaatopaikkakelpoisuuden perusteet

Kaatopaikalle sijoitettavan jätteen on täytettävä jäljempänä tässä kohdassa määritellyt kelpoisuusvaatimukset. Jos vaatimuksia ei ole määritelty, päätetään niistä tapauskohtaisesti 2 kohdan mukaisen arvioinnin perusteella.

3.1. Pysyvän jätteen kaatopaikat

Pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoitettavan jätteen on täytettävä 3.1.1 tai 3.1.2 kohdan mukaiset kelpoisuusvaatimukset.

3.1.1. Ilman testausta hyväksyttävät jätteet

Taulukossa 1 lueteltu jäte voidaan hyväksyä pysyvän jätteen kaatopaikalle ilman testausta. Jätteen on oltava yhden jätelajin erillinen jätevirta ja yhdestä syntypaikasta. Taulukossa lueteltuja jätteitä voidaan hyväksyä myös yhdessä, jos niiden syntypaikka on sama.

Jäte on kuitenkin testattava 2 kohdan mukaisesti, jos epäillään, että jäte on pilaantunut, tai jos ei ole varmuutta siitä, että se vastaa pysyvän jätteen määritelmää ja täyttää 3.1.2 kohdan mukaiset kelpoisuusvaatimukset. Jätettä ei saa hyväksyä pysyvän jätteen kaatopaikalle, jos testaus osoittaa, että jäte on pilaantunut tai sisältää metalleja, asbestia, muoveja, kemikaaleja tai muita materiaaleja tai aineita siten, että mainituista seikoista aiheutuvan riskin lisääntymisen takia on perusteltua sijoittaa jäte muun luokan mukaiselle kaatopaikalle.

Taulukko 1

Jätenimikkeen tunnusnumero ¹⁾	Kuvaus	Rajoitukset
10 11 03	Lasipohjaisten kuitumateriaalien jätteet	Ainoastaan jätteet, jotka eivät sisällä orgaanisia sideaineita
15 01 07	Lasipakkaukset	
17 01 01	Betoni	Ainoastaan tietyt rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet ²⁾
17 02 02	Tiilet	Ainoastaan tietyt rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet ²⁾
17 01 03	Laatat ja keramiikka	Ainoastaan tietyt rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet ²⁾
17 01 07	Betonin, tiilien, laattojen ja keramiikan seokset	Ainoastaan tietyt rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet ²⁾
17 02 02	Lasi	
17 05 04	Maa- ja kiviainekset	Lukuun ottamatta pintamaata ja turvetta sekä maa- ja kiviainesta pilaantuneilta alueilta
19 12 05	Lasi	
20 01 02	Lasi	Ainoastaan erikseen kerätty lasi
20 02 02	Maa- ja kiviainekset	Ainoastaan puutarha- ja puistojätteistä Lukuun ottamatta pintamaata ja turvetta

¹⁾ Yleisimpien jätteiden sekä ongelmajätteiden luettelosta annetun ympäristöministeriön asetuksen (1129/2001) mukainen jätenimikkeen tunnusnumero.

²⁾ Tietyillä rakentamisessa ja purkamisessa syntyvillä jätteillä tarkoitetaan jätteitä, joissa on vain vähäinen määrä metalleja, muoveja, orgaanisia aineita, puuta, kumia tai muita vastaavia aineita tai materiaaleja ja joiden alkuperä on tiedossa. Käsitteellä ei tarkoiteta rakentamisessa ja purkamisessa syntyviä jätteitä rakennelmista, – jotka rakentamisprosessien, maaperän pilaantumisen, torjunta-aineiden tai muiden vaarallisten aineiden varastoinnin tai käytön taikka muun näihin rinnastettavan syyn takia ovat epäorgaanisten tai orgaanisten vaarallisten aineiden pilaamia, ellei selvästi osoiteta, että purettu rakennelma ei ole ollut merkittävästi pilaantunut; – jotka on käsitelty, suojattu tai maalattu materiaaleilla, jotka sisältävät merkityksellisiä määriä vaarallisia aineita.

3.1.2. Kelpoisuusperusteet

Pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoitettavaan muuhun kuin 3.1.1 kohdassa tarkoitettuun jätteeseen sovelletaan taulukon 2 mu-

kaisia liukoisuusominaisuuksien ja taulukon 3 mukaisia orgaanisten aineiden kokonaispitoisuuksien raja-arvoja.

Taulukko 2

Aine/muuttuja	Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta (L/S = 10 l/kg)
Arseeni (As)	0,5
Barium (Ba)	20
Kadmium (Cd)	0,04
Kromi yhteensä (Cr _{kok})	0,5
Kupari (Cu)	2
Elohopea (Hg)	0,01
Molybdeeni (Mo)	0,5
Nikkeli (Ni)	0,4
Lyijy (Pb)	0,5
Antimoni (Sb)	0,06
Seleen (Se)	0,1
Sinkki (Zn)	4
Kloridi (Cl ⁻)	800
Fluoridi (F ⁻)	10
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	1 000 ¹⁾
Fenoli-indeksi	1
Liennut orgaaninen hiili (DOC) ²⁾	500
Liunneiden aineiden kokonaismäärä (TDS) ³⁾	4 000

¹⁾ Jätteen katsotaan täyttävän kelpoisuusvaatimuksen myös, jos sulfaattipitoisuus ei ylitä seuraavia arvoja: 1 500 mg/l (läpivirtaustestin ensimmäinen uutos uuttosuhteessa L/S = 0,1 l/kg) ja 6 000 mg/kg (uuttosuhteessa L/S = 10 l/kg). Pitoisuuden määrittämiseksi uuttosuhteessa L/S = 0,1 l/kg on käytettävä läpivirtaustestiä. Pitoisuus uuttosuhteessa L/S = 10 l/kg voidaan määrittää joko ravistelu- tai läpivirtaustestillä.

²⁾ Jos liunneen orgaanisen hiilen raja-arvo ylittyy jätteen omassa pH:ssa, voidaan jäte vaihtoehtoisesti testata uuttosuhteessa L/S = 10 l/kg pH:ssa 7,5–8,0. Jätteen katsotaan täyttävän liunneen orgaanisen hiilen kelpoisuusvaatimuksen, jos pitoisuus on enintään 500 mg/kg.

³⁾ Liunneiden aineiden kokonaismäärän raja-arvoa voidaan soveltaa sulfaatin ja kloridin raja-arvojen sijasta.

Taulukko 3

Aine/muuttuja	Raja-arvo, mg/kg
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	30 000
Bentseeni, tolueeni, etyylibentseeni ja ksyleenit (BTEX)	6
Polyklooratut bifenyylit (PCB ¹⁾)	1
Mineraaliöljy (C10-C40)	500
Polyaromaattiset hiilivedyt ²⁾ (PAH)	40

¹⁾ Kongeneerien 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180 kokonaismäärä.

²⁾ Yhdisteiden (antraseeni, asenaftteeni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, kryseeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h,i)perylenei, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antraseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni, naftaleeni, pyreeni) kokonaismäärä.

3.2. Tavanomaisen jätteen kaatopaikat

Tavanomaisen jätteen kaatopaikalle sijoitettavan 3.2.1, 3.2.2 ja 3.2.3 kohdassa tarkoitettujen jätteen on täytettävä jäljempänä jätelajeittain määritellyt kelpoisuusvaatimukset.

3.2.1. Ilman testausta hyväksyttävät jätteet

Yleisimpien jätteiden sekä ongelmajätteiden luettelosta annetun ympäristöministeriön asetuksen mukaisen luettelon nimikerhyhmässä 20 (Yhdyskuntajätteet (asumisessa syntyvät jätteet ja niihin rinnastettavat kaupan, teollisuuden ja muiden laitosten jätteet) erilliskerätyt jakeet mukaan luettuina) tarkoitettujen tavanomaisten jätteiden voidaan hyväksyä ilman testausta tavanomaisen jätteen kaatopaikalle, jos:

- 1) jäte on esikäsitelty tämän päätöksen 4 §:n 1 momentin 1 kohdan mukaisesti;
- 2) jäte ei ole pilaantunut siten, että lisääntyneen ympäristöriskin takia on perusteltua käsitellä jäte muulla tavoin;
- 3) jätettä ei sijoiteta kaatopaikan osaan, johon sijoitetaan kipsipohjaista jätettä tai vakaata reagoimatonta² ongelmajätettä.

Rakentamisessa syntyvä ja muu soveltuva asbestijäte voidaan hyväksyä ilman testausta tavanomaisen jätteen kaatopaikalle, jos jätteen sijoittamisessa noudatetaan asbestijätteitä koskevia 3.2.3 kohdan mukaisia erityisiä vaatimuksia.

² Käsitteellä vakaa reagoimaton tarkoitetaan, että jätteen liukoisuusominaisuudet eivät muutu epäsuotuisasti pitkällä aikavälillä kaatopaikan tavanomaisen käytön mukaisissa olosuhteissa eikä ennustettavissa olevissa vahinkotapauksissa

- itse jätteen vuoksi (esimerkiksi biohajoamisen vuoksi),
- pitkäaikaisten ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta (esimerkiksi veden, ilman, lämpötilan tai mekaaninen vaikutus) eikä
- muiden jätteiden taikka kaatopaikkaveden tai -kaasun vaikutuksesta.

3.2.2. Kelpoisuusperusteet kipsipohjaisen jätteen sijoittamisessa

Tavanomaiseksi jätteeksi luokiteltuja kipsipohjaisia jätteitä saa sijoittaa vain tavanomaisen jätteen kaatopaikan sellaiseen osaan, johon ei sijoiteta biohajoavaa jätettä.

Tavanomaiseen jätteeseen, joka sijoitetaan kaatopaikalle yhdessä kipsipohjaisten jätteiden kanssa, sovelletaan taulukon 4 mukaisia raja-arvoja.

Taulukko 4

Muuttuja	Raja-arvo
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	5 %
Liennut orgaaninen hiili (DOC)	800 mg/kg ¹⁾

¹⁾ Uuttosuhteessa L/S = 10 l/kg joko jätteen omassa pH:ssa tai pH:ssa 7,5–8,0.

3.2.3. Kelpoisuusperusteet tavanomaisen jätteen ja vakaan reagoimattoman ongelmajätteen sijoittamisessa yhdessä

Vakaata reagoimatonta ongelmajätettä saa sijoittaa vain tavanomaisen kaatopaikan sellaiseen osaan, johon ei sijoiteta biohajoavaa jätettä.

Tavanomaiseen jätteeseen ja vakaaseen reagoimattomaan ongelmajätteeseen, jotka sijoitetaan yhdessä kaatopaikalle, sovelletaan taulukon 5 mukaisia liukoisuusominaisuuksien raja-arvoja ja taulukon 6 mukaisia muita vaatimuksia.

Tiivistämisestä tai muista vastaavista toimista mahdollisesti aiheutuva jätteen murskaantuminen ja siitä aiheutuvat vaikutukset on otettava huomioon jätteen fysikaalisen vakavuuden arvioinnissa.

Taulukko 5

Aine/muuttuja	Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta (L/S = 10 l/kg)
Arseeni (As)	2
Barium (Ba)	100
Kadmium (Cd)	1
Kromi yhteensä (Cr _{kok})	10
Kupari (Cu)	50
Elohopea (Hg)	0,2
Molybdeeni (Mo)	10
Nikkeli (Ni)	10
Lyijy (Pb)	10
Antimoni (Sb)	0,7
Seleen (Se)	0,5
Sinkki (Zn)	50
Kloridi (Cl)	15 000
Fluoridi (F)	150
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	20 000
Liennut orgaaninen hiili (DOC) ¹⁾	800
Liunneiden aineiden kokonaismäärä (TDS) ²⁾	60 000

¹⁾ Jos liunneen orgaanisen hiilen raja-arvo ylittyy jätteen omassa pH:ssa, voidaan jäte vaihtoehtoisesti testata uutussuhteessa L/S = 10 l/kg pH:ssa 7,5–8,0. Jätteen katsotaan täyttävän liunneen orgaanisen hiilen kelpoisuusvaatimuksen, jos pitoisuus on enintään 800 mg/kg.

²⁾ Liunneiden aineiden kokonaismäärän raja-arvoa voidaan soveltaa sulfaatin ja kloridin raja-arvojen sijasta.

Taulukko 6

Muuttuja	Raja-arvo/ muu vaatimus
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	5 %
pH	Vähintään 6,0
Haponneutralointi-kapasiteetti (ANC)	Aina tutkittava ja arvioitava

Taulukoiden 5 ja 6 mukaisia raja-arvoja ja muita vaatimuksia ei sovelleta vakaaksi reagoimattomaksi ongelmajätteeksi luokiteltavan rakentamisessa syntyvän ja muun soveltuvan asbestijätteen sijoittamiseen tavanomaiselle kaatopaikalle tai sen erilliseen eristettyyn osaan, jos noudatetaan seuraavia menettelyjä ja vaatimuksia:

1) jäte ei saa sisältää muita vaarallisia aineita kuin sidottu asbesti mukaan lukien kuidut, jotka on sidottu sidemateriaaliin tai pakattu muoviiin;

2) kaatopaikalle tai sen erilliseen osaan saa hyväksyä vain rakentamisessa syntyvää ja muuta soveltuvaa asbestijätettä;

3) alue, johon asbestijätettä sijoitetaan, on peitettävä päivittäin ja ennen jokaista tiivistyskertaa sopivalla peittoaineksella; jos asbestijätettä ei ole pakattu, on jätettä kasteltava säännöllisesti sijoittamisen aikana;

4) kaatopaikka tai sen erillinen osa on peitettävä pysyvästi pintakerroksella asbestikuitujen leviämisen estämiseksi; alueella ei saa porata reikiä tai toteuttaa muita töitä, jotka voivat aiheuttaa kuitujen vapautumista; kaatopaikan osa, johon sijoitetaan asbestijätettä, on merkittävä muistiin tämän päätöksen 7 §:n 1 momentin 6 kohdan mukaisesti;

5) kaatopaikan sulkemisen jälkeen on toteutettava asianmukaiset toimet maa-alueen käytön rajoittamiseksi siten, että vältetään ihmisten joutuminen kosketuksiin jätteen kanssa.

3.3. Ongelmajätteen kaatopaikat

Ongelmajätteen kaatopaikalle sijoitettavaan jätteeseen sovelletaan taulukon 7 mukaisia liukoisuusominaisuuksien raja-arvoja ja taulukon 8 mukaisia muita vaatimuksia.

Tiivistämisestä tai muista vastaavista toimista mahdollisesti aiheutuva jätteen murskaantuminen ja siitä aiheutuvat vaikutukset on otettava huomioon jätteen fysikaalisen vakavuuden arvioinnissa.

3.4. Maanalaiset sijoituspaikat

Jäte voidaan hyväksyä tämän päätöksen 2 §:n 2 momentissa tarkoitettuun maanalaiseen sijoituspaikkaan ainoastaan sijoituspaikasta tehdyn turvallisuusarvioinnin mukaisesti. Arviointi on tehtävä direktiivin 1999/31/EY 16 artiklan ja liitteen II mukaisista perusteista ja menettelyistä jätteen hyväksymiseksi kaatopaikoille annetun neuvoston päätöksen 2003/33/EY liitteen A³ mukaisesti. Jätteestä on myös tehtävä 2 kohdan mukainen arviointi.

Pysyvän jätteen maanalaiseen sijoituspaikkaan voidaan hyväksyä vain 3.1 kohdan ja tavanomaisen jätteen maanalaiseen sijoituspaikkaan vain 3.2 kohdan mukaiset vaatimukset täyttäviä jätteitä.

Ongelmajätteen maanalaiseen sijoituspaikkaan sijoitettavaan jätteeseen ei sovelleta 3.3 kohdan mukaisia kelpoisuusvaatimuksia.

³ Liitteen käsitteellä vaarallinen jäte tarkoitetaan ongelmajätettä ja käsitteellä maanalainen varasto maanalaista sijoituspaikkaa.

Taulukko 7

Aine/muuttuja	Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta (L/S = 10 l/kg)
Arseeni (As)	25
Barium (Ba)	300
Kadmium (Cd)	5
Kromi yhteensä (Cr _{kok})	70
Kupari (Cu)	100
Elohopea (Hg)	2
Molybdeeni (Mo)	30
Nikkeli (Ni)	40
Lyijy (Pb)	50
Antimoni (Sb)	5
Seleen (Se)	7
Sinkki (Zn)	200
Kloridi (Cl)	25 000
Fluoridi (F)	500
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	50 000
Liennut orgaaninen hiili (DOC) ¹⁾	1 000
Liunneiden aineiden kokonaismäärä (TDS) ²⁾	100 000

¹⁾ Jos liunneen orgaanisen hiilen raja-arvo ylittyy jätteen omassa pH:ssa, voidaan jäte vaihtoehtoisesti testata uutossuhteessa L/S = 10 l/kg pH:ssa 7,5–8,0. Jätteen katsotaan täyttävän liunneen orgaanisen hiilen kelpoisuusvaatimuksen, jos pitoisuus on enintään 1 000 mg/kg.

²⁾ Liunneiden aineiden kokonaismäärän raja-arvoa voidaan soveltaa sulfaatin ja kloridin raja-arvojen sijasta.

Taulukko 8

Muuttuja	Raja-arvo/muu vaatimus
Hehkutushäviö (LOI) ¹⁾	10 %
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC) ¹⁾	6 %
Haponneutralointi-kapasiteetti (ANC)	Aina tutkittava ja arvioitava

¹⁾ On sovellettava joko hehkutushäviön tai orgaanisen hiilen kokonaismäärän raja-arvoa.

3.5. Eräiden raja-arvojen korottaminen

Lupaviranomainen voi kaatopaikan ja sen ympäristön ominaisuudet huomioon ottaen yksilöidyn jätteen osalta tapauskohtaisesti päättää, että 3.1, 3.2 ja 3.3 kohdassa säädettyt raja-arvot voidaan jäljempänä mainituin täsmennyksin ja rajauksin korottaa enintään kolminkertaisiksi, jos kaatopaikan pitävä kaatopaikan terveys- ja ympäristövaikutusten kokonaisarvioinnin perusteella luotettavasti osoittaa, etteivät korkeammat raja-arvot lisää kaatopaikkaveden ja muiden päästöjen aiheuttamaa vaaraa tai haittaa ympäristölle tai terveydelle.

Orgaanisen hiilen kokonaismäärän raja-arvoon sovelletaan lisäksi seuraavaa:

1) raja-arvo taulukossa 3 voidaan korottaa enintään kaksinkertaiseksi; maa-ainesjätteelle voidaan kuitenkin hyväksyä kolminkertainen raja-arvo, jos jätteen liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuus on enintään 500 mg/kg uuttosuhteessa $L/S = 10$ l/kg joko jätteen omassa pH:ssa tai pH:ssa 7,5–8,0;

2) raja-arvo taulukoissa 4 ja 6 voidaan korottaa vain, jos liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuus on enintään 800 mg/kg uuttosuhteessa $L/S = 10$ l/kg joko jätteen omassa pH:ssa tai pH:ssa 7,5–8,0;

3) raja-arvo taulukossa 8 voidaan korottaa vain, jos jätteen liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuus on enintään 1 000 mg/kg uuttosuhteessa $L/S = 10$ l/kg joko jätteen omassa pH:ssa tai pH:ssa 7,5–8,0.

Seuraavista raja-arvoista ei saa myöntää poikkeuksia:

1) liuenneen orgaanisen hiilen raja-arvo taulukoissa 2, 5 ja 7;

2) bentseenin, tolueenin, etyylibentseenin ja ksyleenien raja-arvo taulukossa 3;

3) polykloorattujen bifenyyliden, mineraaliöljyn ja polyaromaattisten hiilivetyjen raja-arvot taulukossa 3;

4) pH:n raja-arvo taulukossa 6;

5) hehkutushäviön raja-arvo taulukossa 8.

3.6. Pysyviä orgaanisia yhdisteitä sisältäviä jätteitä koskevat erityiset vaatimukset

Lupaviranomainen voi Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 850/2004 7 artiklan 2 kohdasta poiketen mainitun artiklan 4 kohdan b alakohdassa säädetyin edellytyksin hyväksyä pysyviä orgaanisia yhdisteitä sisältävän tai niiden saastuttaman jätteen sijoittamisen ongelmajätteen kaatopaikalle tai maanalaiseen sijoituspaikkaan. Valtioneuvoston päätöksessä 711/1998 tarkoitettuun PCB-jätteeseen sovelletaan kuitenkin mainittua päätöstä.

4. Näytteenotto- ja testausmenetelmät

Riippumattomien ja pätevien henkilöiden tai laitosten on vastattava perusmäärittelyyn ja vastaavuustestaukseen liittyvistä näytteiden ottamisesta ja testaamisesta. Tehtävästä vastaavalla laboratoriolla on oltava kokemusta ja näyttöä jätteiden testauksesta ja analysoinnista sekä tehokas ja toimiva laadunvarmistusjärjestelmä.

Jätteen tuottaja tai haltija taikka kaatopaikan pitävä voi vastata näytteenotosta ja testauksesta, jos:

1) riippumattomien ja pätevien henkilöiden tai laitosten toteuttamalla riittävällä valvonnalla varmistetaan, että kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnille tässä liitteessä asetetut tavoitteet saavutetaan;

2) käytössä on asianmukainen näytteenoton ja testauksen laadunvarmistusjärjestelmä, johon kuuluu säännöllinen riippumaton tarkistus.

Näytteenotossa ja testauksessa on sovellettava jäljempänä mainittuja eurooppalaisen standardisoiemisjärjestön (CEN) standardeja (EN) ja standardiluonnoksia (prEN) sekä niiden myöhempiä päivitettyjä versioita:

1) näytteenotto on tehtävä standardiluonnokseen prEN 14899 perustuvan näytteenottosuunnitelman mukaisesti;

2) jätteen yleiset ominaisuudet on määrittävä standardin SFS-EN 13137 (orgaanisen hiilen kokonaismäärä) sekä standardiluonnosten prEN 14346 (kuiva-aineksen laskeminen) ja prEN 15169 (hehkutushäviö) mukaisesti;

3) liukoisuustestit on tehtävä standardiluonnoksen prCEN/TS 14405 (läpivirtaustesti ylöspäin) ja standardin SFS-EN 12457/3 (kaksivaiheinen ravistelutesti) mukaisesti;

4) raakajätteen hajottaminen on tehtävä standardien SFS-EN 13656 (mikroaaltohojotus happoseoksella) ja SFS-EN 13657 (hajotus kuningasvedellä) mukaisesti;

5) analyysit on tehtävä standardien SFS-EN 12506 (pH, As, Ba, Cd, Cl⁻, Co, Cr, Cr-VI, Cu, Mo, Ni, NO₂⁻, Pb, kokonais-S, SO₄²⁻, V ja Zn), SFS-EN 13370 (ammonium, AOX, sähkön johtavuus, Hg, fenoli-indeksi, TOC, helposti vapautuva CN ja F) ja SFS-EN 14039 (hiilivedyt) mukaisesti.

Muussa testauksessa on ennen virallisen CEN-standardin valmistumista käytettävä sen prEN-vaiheessa olevaa luonnosta taikka lupaviranomaisen hyväksymää kansallista standardia tai muuta menettelyä.

Liite 3

KAATOPAIKAN JA SEN JÄLKIHOITOVAIHEEN VALVONTA JA TARKKAILU

Tässä liitteessä asetetaan vähimmäisvaatimukset niille menettelyille, joilla toteutetaan kaatopaikan ja sen jälkihoitovaiheen valvonta ja tarkkailu sen selvittämiseksi, että:

- jäte on hyväksytty sijoitettavaksi kyseisen luokan mukaiselle kaatopaikalle asetettujen kelpoisuusperusteiden mukaisesti,
- kaatopaikan sisäiset prosessit etenevät tarkoitetulla tavalla,
- kaatopaikan ympäristönsuojelujärjestelmät toimivat täysin tarkoitetulla tavalla,
- kaatopaikkaa koskevat lupamääräykset täytetään ja
- lupa- ja valvontaviranomaisille voidaan antaa ympäristöluvassa edellytetyt tiedot ja selvitykset.

Tarkkailu ja valvonta on toteutettava suunnitelmallisesti. Siinä tarvittavien näytteiden on oltava edustavia. (23.3.2006/202)

1. Jätetäyttö

Jätetäytön (jätepenkereen) tarkkailua varten tarvitaan seuraavat tiedot:

- jätetäytön pinta-ala, tilavuus, koostumus ja painuminen,
- jätetäytön sisäiset ominaisuudet, kuten vesipinnan korkeus ja lämpötila,
- jätteen sijoittamismenetelmä,
- kulloinkin käytetty täyttöalue sekä
- laskelma kaatopaikan jäljellä olevasta tilavuudesta.

Jätetäyttöä ja sen painumia on tarkkailtava säännöllisesti täytön aikana sekä kaatopaikan jälkihoitoaikana.

2. Perustilaselvitys

Ennen kaatopaikkatoiminnan tai tämän päätöksen mukaisen tarkkailun aloittamis-

ta taikka kaatopaikan käytöstä poistamista on tehtävä alueen pinta- ja pohjavesiä sekä käytössä olevan kaatopaikan jätetäytön haajoamistilaa ja kaasunmuodostusta koskeva perustilaselvitys, johon tarkkailun tuloksia voidaan myöhemmin verrata. Perustilaselvitystä varten on pintavesinäytteitä otettava kaksi kertaa ylivirtaamakautena vähintään kuukauden välein ja vähintään kerran alivirtaamakautena. Pohjavesinäytteitä on otettava vähintään kolmesta paikasta.

3. Kaatopaikkakaasu

Kaatopaikkakaasun kertymistä ja purkautumista on seurattava erityisesti kaatopaikalla, jonne on sijoitettu helposti hajoavaa orgaanista ainesta sisältävää, runsaasti kaasua tuottavaa jätettä. Seuranta on toteuttava siten, että kaasun muodostuksesta saadaan luotettavat tiedot kaatopaikan kaikilla osilla.

Kaatopaikkakaasun määrä, paine ja kaasun ainesosat metaani (CH_4), hiilidioksidi (CO_2) ja happi (O_2) on selvitettävä käyttövaiheessa kuukausittain ja jälkihoitovaiheessa puolivuositain. Jos osoitetaan, että pitempi mittausväli antaa riittävän luotettavat tiedot, mittaukset voidaan mukauttaa. Muiden kaatopaikkakaasujen selvittäminen määrätään tarvittaessa kaatopaikalle sijoitetun jätteen laadun mukaan.

Kaatopaikkakaasun talteenottojärjestelmän kunto on tarkastettava säännöllisesti.

4. Vedet

4.1 Kaatopaikkavedet

Kaatopaikkaveden määrää ja laatua on tarkkailtava erikseen jokaisessa kohdassa, jossa kaatopaikkavettä johdetaan kaatopaikan ulkopuolelle. Lisäksi kaatopaikkavesien puhdistamista ja puhdistuksesta pois johdettavia vesiä on tarkkailtava siten, että

puhdistuksen tehokkuutta ja kaatopaikan aiheuttamaa kuormitusta voidaan arvioida luotettavasti.

Kaatopaikkaveden määrää ja sähkönjohtavuutta on seurattava viikoittaisin mittauksin ja lisäksi ylivirtaamakaushina aukiolopäivittäin tehdyin mittauksin kaatopaikan käytön aikana. Jälkihoitovaiheen aikana kaatopaikkaveden määrää ja sähkönjohtavuutta on seurattava puolivuositain. Kaatopaikkaveden laatua on seurattava neljännesvuositain otetuin näyttein kaatopaikan käytön aikana ja jälkihoitovaiheen aikana puolivuositain. Jos osoitetaan, että pitempi mittausväli antaa riittävän luotettavat tiedot, kaikki edellä tarkoitetut mittaukset voidaan mukauttaa.

Kaatopaikkavesinäytteistä tutkittavat aineet tai ominaisuudet määrätään kaatopaikalle sijoitettavien jätteiden laadun perusteella.

4.2 Pintavedet

Pintaveden laatua ja määrää on tarkkailtava vähintään kahdesta havaintopisteestä otetuin näyttein. Toisen pisteen on sijaittava pintavesien virtaussuunnassa kaatopaikan yläpuolella. Toisen pisteen on ilmennettävä kaatopaikan vaikutuksia pintavesiin. Mittaukset on tehtävä kaatopaikan käyttövaiheessa neljännesvuositain ja jälkihoitovaiheessa puolivuositain. Mittaukset voidaan mukauttaa kaatopaikan ominaisuuksien perusteella.

4.3 Pohjavesi (18.11.1999/1049)

Pohjavesiä on tarkkailtava virtaussuunnassa kaatopaikan alapuolella vähintään kahdesta pisteestä ja kaatopaikan yläpuolella vähintään yhdestä pisteestä otetuin näyttein ja mittauksin. Kaatopaikan mahdollisella vaikutusalueella on tarkkailtava myös talousvesikaivojen veden laatua.

Pohjaveden ja kaatopaikan sisäisen veden korkeutta on seurattava puolivuositain. Jos alueen pohjaveden korkeus vaihtelee, on seurantaa lisättävä.

Näytteenotosta pohjaveden koostumuksen selvittämiseksi sekä tutkittavista aineista ja ominaisuuksista määrätään tapauskohtaisesti jätteestä muodostuvaksi arvioitun kaatopaikkaveden ja kaatopaikka-alueen pohjaveden laadun mukaan. Lisäksi on otettava huomioon pohjaveden virtausnopeus alueella. Mittauksilla on voitava nopeasti todeta veden laadun muutokset.

Jos pohjaveden laadun todetaan heikentyneen tai sille lupapäätöksessä asetettu haitallisten aineiden kynnystaso ylittyy, on aina kysymys tämän päätöksen 8 §:n 2 momentissa tarkoitetusta haitasta, josta on ilmoitettava viipymättä lupaviranomaiselle. Tällaisessa tilanteessa on noudatettava vahinkotilanteisiin varautumista ja niiden hoitamista koskevaa suunnitelmaa ja lupamääräystä.

Pohjaveden laatua koskevista havainnoista on pidettävä kirjaa ja tiedot on koottava taulukoksi, josta helposti käy ilmi laadussa tapahtuvat muutokset.

5. Valvonta- ja tarkkailuohjelma (23.3.2006/202)

Kaatopaikan pitäjällä on oltava valvonta- ja tarkkailuohjelma

- jätteiden sijoittamista koskevien yleisten rajoitusten ja kieltojen toimeenpanemiseksi sekä kaatopaikalle vastaanotettavien jätteen muun hyväksyttävyyden valvontaa ja seurantaa varten sekä

- kaatopaikka-, pinta- ja pohjavesien sekä kaatopaikkakaasun tämän liitteen 3 ja 4 kohdassa tarkoitettua seurantaa varten.

6. Raportti valvonnasta ja tarkkailusta (23.3.2006/202)

Kaatopaikan valvonnasta ja tarkkailusta vuosittain laadittavassa tämän päätöksen 8 §:n 2 ja 3 momentissa tarkoitettussa lupaviranomaiselle annettavassa raportissa on esitettävä:

- tiedot vastaanotetun ja vastaanottamatta jätetyn jätteen määrästä jätelajeittain,

- selvitys vastaanotetun, esikäsitellyn, kaatopaikalle sijoitetun ja muuta käsittelyä tai hyödyntämistä varten toimitetun 4 §:n 1 momentin 2 kohdassa tarkoitetun biohajoavan jätteen määrästä,

- yhteenveto tämän päätöksen liitteen 2 mukaisesti tehdyistä perusmäärittelyistä ja vastaavuustestauksesta,

- tiedot jätetäytöstä,

- yhteenveto valvonta- ja tarkkailuohjelman mukaisista seurantatiedoista,

- selvitys kaatopaikan ympäristökuormituksesta ja haittojen torjunnasta sekä

- selvitys poikkeuksellisista tapahtumista ja poikkeamisista hyväksytyistä suunnitelmista.

MUUTOSSÄÄDÖSTEN VOIMAANTULO JA SOVELTAMINEN:

18.11.1999/1049 :

Tämä päätös tulee voimaan 1 päivänä tammikuuta 2002. Päätöksen voimaan tullessa käytössä olevaan kaatopaikkaan sovelletaan 4 §:n 1 momentin 1 kohtaa 1 päivästä tammikuuta 2005, jollei lupaviranomainen ole määrännyt aikaisempaa ajankohtaa. (13.6.2001/552)

Tämän päätöksen voimaan tullessa käytössä olevaan kaatopaikkaan sovelletaan liitteen 1 kohtaa 3.1 1 päivästä marraskuuta 2007, jos kaatopaikka on tuolloin edelleen käytössä.

Ennen tämän päätöksen voimaantuloa voidaan ryhtyä sen täytäntöönpanon edellyttämiin toimiin.

Neuvoston direktiivi 1999/31/EY; EYVL N:o L 182, 16.7.1999, s. 1

13.6.2001/552 :

Tämä asetus tulee voimaan 1 päivänä tammikuuta 2002.

Neuvoston direktiivi 1999/31/EY; EYVL N:o L 182, 16.7.1999, s. 1

10.1.2002/13 :

Tämä asetus tulee voimaan 1 päivänä helmikuuta 2002.

23.3.2006/202 :

Tämä asetus tulee voimaan 1 päivänä syyskuuta 2006.

Ennen tämän asetuksen voimaantuloa voidaan ryhtyä sen täytäntöönpanon edellyttämiin toimiin.

Neuvoston direktiivi 1999/31/EY (31999L0031); EYVL N:o L 182, 16.7.1999, s. 1, Neuvoston päätös 2003/33/EY (32003D0033); EYVL N:o L 11, 16.1.2003, s. 27

Liite 2. Jätetäytössä tapahtuvien prosessien ja jätetäytön ominaisuuksien perusteet

Sisällys

1 Prosessit	128
1.1 Biologiset prosessit jätetäytössä.....	129
1.2 Fysikaalis-kemialliset prosessit jätetäytössä	130
2 Jätetäytön ominaisuudet	132
2.1 Kaatopaikan vakavuus ja jätteen lujuusominaisuudet.....	132
2.2 Kaatopaikan painuma	133
2.3 Kaatopaikkajätteen vedenläpäisevyys.....	133
3 Kaatopaikkakaasujen muodostuminen ja ominaisuudet	134
4 Kaatopaikkavesien muodostuminen ja ominaisuudet.....	136
5 Jätetäytön sisäinen vesi ja kaatopaikan pohjalla vallitsevat olosuhteet.....	139
Lähteet	140

I Prosessit

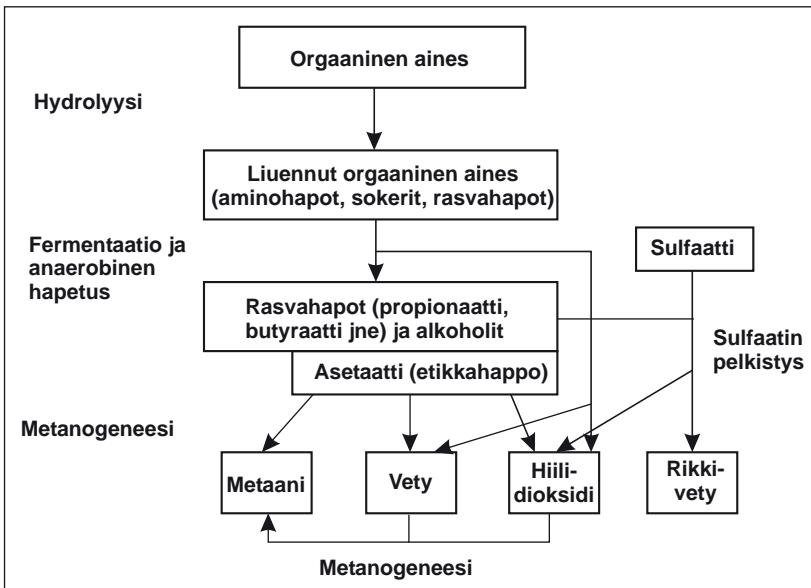
Jätetäytössä tapahtuviin prosesseihin vaikuttavat muun muassa jätteen koostumus, kaatopaikan rakenteet ja hoitotoimenpiteet sekä abioottiset tekijät (esim. lämpötila, pH, kosteus ja happipitoisuus). Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/1997) muuttaa kaatopaikkojen jätetäyttöön päätyvän materiaalin koostumusta verrattuna nykyiseen tilanteeseen mm. jätelainsäädännön hyötykäyttö- ja kierrätystavoitteiden sekä jätteiden kompostoinnin ja polton myötä. Kaatopaikat jaetaan ongelmajätteen, tavanomaisen jätteen ja pysyvän jätteen kaatopaikkoihin, jotka ottavat vastaan vain tiettyntyyppisiä jätteitä.

Seuraavassa käsitellään yhdyskuntajätteen ja pysyvän jätteen kaatopaikoilla tapahtuvia prosesseja. Tavanomaisten jätteiden kaatopaikkojen prosessit muistuttavat todennäköisesti nykyisten yhdyskuntajätteiden kaatopaikkojen prosesseja kuitenkin niin, että biologisten prosessien osuus vähenee.

1.1

Biologiset prosessit jätetäytössä

Fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset prosessit muuntavat ja hajottavat jätteitä kaatopaikoilla. Useimmilla kaatopaikoilla, jonne tuodaan orgaanisia (biohajoavia) jätteitä, mikrobiologiset prosessit vaikuttavat eniten jätteen stabiloitumiseen. Mikrobiologiset prosessit ovat pääasiassa anaerobisia (hapettomia), koska jätetäytössä mikro-organismit kuluttavat nopeasti käytettävissä olevan hapen loppuun. Vain vasta tuodussa jätteessä ja jätetäytön pintaosissa prosessit ovat aerobisia (hapellisia). Jätetäytön anaerobinen hajoamisprosessi tärkeimpine välituotteineen on esitetty kuvassa 1/2. Kaikkiaan hajoamisprosessi kestää useita kymmeniä vuosia (Ehrig 1991).



Kuva 1/2. Anaerobisen hajoamisprosessin tärkeimmät vaiheet ja välituotteet (Kettunen 1997).

Jätetäytön mikrobiologisiin prosesseihin vaikuttavat useat abioottiset tekijät, joista tärkeimmät ovat pH, lämpötila ja vesipitoisuus. Metanogeenien on havaittu olevan herkeempiä pH:n muutoksille kuin fermentatiivisten tai asetogeenisten bakteerien tai sulfaatinpelkistäjä bakteerien. Siten pH:n tulisi olla 5,5–8,5, jotta hajoaminen etenisi lopputuotteisiin asti eikä välituotteita pääsisi kertymään. Fermentaatiossa muodostuvat hapot alentavat pH-arvon jätetäytössä, kun taas puskuroivat materiaalit (esim. rakennusjätteet, maa) auttavat säilyttämään pH:n toivotulla alueella. (Christensen ja Kjeldsen, 1989)

Lämpötila jätetäytössä vaihtelee jätteiden hajoamisessa muodostuvan energian, ympäristön lämpötilan ja jätteiden eristyskyvyn mukaan. Suomessa jätetäytöstä mitatut lämpötilat ovat vaihdelleet 4–26 °C (Airiola ja Lakso 1996; Ettala 1988), mitkä ovat alhaisempia kuin esim. Englannissa (28–42 °C; Rees 1980) ja USA:ssa (11–63 °C;

Sufflita ym. 1992) havaitut lämpötilat. Matalissa lämpötiloissa sekä kemialliset että biologiset prosessit hidastuvat.

Jätetäytön vesipitoisuuden tulisi olla riittävän suuri (> 50 %) optimaaliselle anaerobiselle hajoamiselle (Gurijala ja Sufflita 1993). Käytännössä on havaittu, että kaasun muodostumiseen tarvittavan vesipitoisuuden tulisi olla vähintään 30 % (Christensen ja Kjeldsen 1989). Vesipitoisuus ei saisi kuitenkaan olla liian suuri, sillä se saattaa kiihdyttää happojen muodostumista ja johtaa pH:n laskuun (Christensen ym. 1992).

Anaerobinen hajoaminen tarvitsee suhteellisen vähän ravinteita (COD:N:P = 100:0,44:0,08; Christensen ja Kjeldsen 1989), minkä vuoksi ravinteet eivät yleensä rajoita jätteiden hajoamista. Jätetäyttö on kuitenkin huonosti sekoittunut, joten paikallisesti ravinteiden saatavuus voi olla ongelma. Sulfaatin läsnäolo (esim. rakenusjätteet, tuhkat) muuttaa jätteiden hajoamisreittiä vähentäen metaanin tuottoa sulfaatinpelkistäjäbakteerien ja metanogeenien kilpailun takia. Jätetäyttöön sijoitetut ongelmajätteet (esim. torjunta-aineet) voivat paikallisesti inhiboida anaerobihajoamista. Myös korkeat suolapitoisuudet voivat inhiboida hajoamista, kun taas pienemmät pitoisuudet (100–200 mg/l) stimuloivat sitä. (Christensen ja Kjeldsen 1989)

1.2

Fysikaalis-kemialliset prosessit jätetäytössä

Useat fysikaaliset voimat ja kemialliset prosessit vaikuttavat yhdessä ja erikseen aineiden muuntumiseen ja kulkeutumiseen jätetäytössä. Aineiden kulkeutumiseen vaikuttavista fysikaalisista ilmiöistä tärkeimpiä ovat gravitaatio, suodattuminen/siivilöityminen, haihtuminen, diffuusio ja viskositeetti. Kemiallisista prosesseista tärkeimpiä ovat adsorptio, tasapainoreaktiot (kaasu-neste, hapetus-pelkistys), liukeneminen, saostuminen ja hapetus-pelkistysreaktiot. Nämä fysikaalis-kemialliset prosessit riippuvat abioottisista tekijöistä (pH, lämpötila, redox, kosteus), mikä edelleen lisää systeemin monimutkaisuutta.

Seuraavassa on tarkasteltu jätetäytön fysikaalis-kemiallisia prosesseja yleisen fysikaalis-kemiallisen tiedon pohjalta (mm. Snoeyink ja Jenkins 1980; Tchobanoglous 1991). Gravitaation vaikutuksesta vesi ja sen mukana sekä partikkelimaiset että liuenneet aineet pyrkivät suotautumaan jätetäytössä alaspäin. Jätetäytössä olevat kappaleet ja partikkelit estävät mekaanisesti toisten partikkeleiden kulkeutumista veden mukana (siivilöityminen). Jätetäytön tiiviys vaikuttaa siten partikkelien kulkeutumiseen. Lisäksi vedellä on tietty ominaisuus (viskositeetti) vastustaa aineiden kulkeutumista. Toisaalta liuenneiden aineiden pitoisuuserot eri puolilla systeemiä pyrkivät tasoittumaan diffuusion (molekyylien liikkeen) vaikutuksesta. Sekä diffuusio että viskositeetti riippuvat lämpötilasta. Siten esimerkiksi talviaikaan jätetäytön lämpötilan laskiessa aineiden sekoittuminen ja kulkeutuminen vähenee näiden ilmiöiden vaikutuksesta.

Tietyillä aineilla on taipumus pidäytyä/väkevöityä väliaineen pinnalle eli adsorboitua (kaasu-neste- ja neste-kiinteä aine -rajapinnat). Adsorboituvia aineita ovat mm. tietyt metallit ja hydrofobiset (vettä hylkivät) orgaaniset kemikaalit. Jätetäytössä

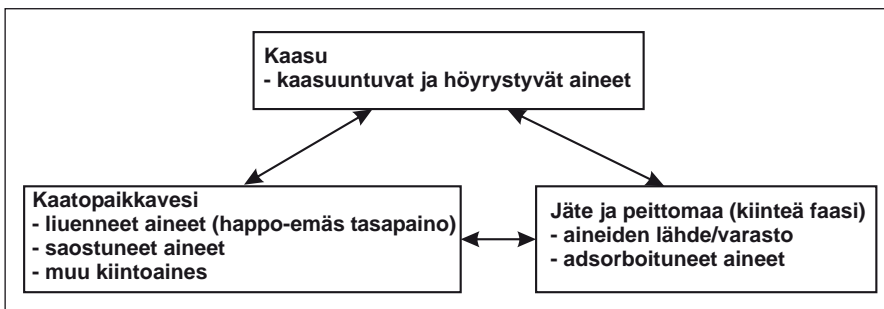
adsorboivia (pidättäviä) aineita ovat mm. orgaaninen aines, savi ja metallikarbonaatit. Adsorboituminen samoin kuin adsorptiokapasiteetti (kyky pidättää toisia aineita) ovat kullekin aineelle ominaisia suureita.

Useat jätetäytön kemiallisista prosesseista liittyvät aineiden esiintymiseen eri olo-
muodoissa (kuva 2/2). Kukin aine on yleensä kaasu-neste- ja happo-emäs-tasapainossa muiden muotojen kanssa. Esimerkiksi jätetäytössä ammoniumtyyppi esiintyy pääosin vedessä ammoniumina pH-arvon ollessa alle 7. Ammoniakin osuus kaasussa kasvaa pH:n noustessa. Ammoniakki on kaasu, joka on lisäksi tasapainossa veteen liuenneen ja kaasutilassa olevan pitoisuuden välillä. Käytännössä todellista tasapainotilaa ei saavuteta, koska jätetäytön läpi suotautuu vettä jatkuvasti ja koska kaasut pyrkivät karkaamaan ilmakehään. Tasapainotilat ovat kullekin aineelle/yhdisteelle ominaisia ja ne riippuvat abioottisista tekijöistä (pH, lämpötila). Esimerkiksi lämpötilan nousu lisää yleensä aineiden kaasuuntumista ja epäorgaanisten yhdisteiden (esim. metallisuolat) liukoisuutta.

Edellisen lisäksi orgaaniset ja epäorgaaniset yhdisteet voivat esiintyä kaatopaikkavedessä joko liuenneina tai liukenemattomina (saostuneina). Lämpötilan nousu lisää yleensä aineiden liukenemista ja päinvastoin. Jotkut yhdisteistä ovat helposti liukenevia (esim. NaCl, etikkahappo) ja kulkeutuvat jätetäytössä helposti suotovesien mukana. Niukkaliukoiset yhdisteet (esim. FeS, öljyt) pidättyvät mieluummin jätetäyttöön.

Metallit voivat saostua jätetäytössä tiettyjen anionien kanssa ja muuttua siten niukkaliukoisiksi. Hapettomissa olosuhteissa tärkeimpiä anioneja ovat sulfidit (S^{2-}) ja karbonaatit (CO_3^{2-}) sekä vähemmässä määrin fosfaatit (PO_4^{3-}). Hapellisissa olosuhteissa saostuminen tapahtuu pääasiassa hydroksideina (OH^-), karbonaateina ja fosfaatteina. Saostuminen riippuu voimakkaasti pH:sta. Esimerkiksi metallien saostuminen sulfideina ja karbonaateina yleensä lisääntyy, kun jätetäytön biologiset prosessit siirtyvät happovaiheesta metaanivaiheeseen eli kun pH muuttuu happamasta neutraaliksi. Vastaavasti esim. tuhkaajteen metallien liukoisuus lisääntyy aikaa myöten, kun riittävä määrä hapanta sadevettä on suotautunut tuhkan läpi.

Hapetus-pelkistysreaktiot ovat myös merkittäviä kemiallisia prosesseja jätetäytössä. Jätetäytön hapettomissa olosuhteissa aineet pyrkivät yleensä pelkistymään, mistä esimerkkinä on ferriraudan (Fe^{3+}) muuttuminen ferromuotoon (Fe^{2+}). Aineet käyttäytyvät (esim. saostuvat tai ovat toksisia) eri tavalla hapetusasteesta riippuen. Nämä reaktiot ovat myös tärkeitä biologisten prosessien kannalta, sillä mikro-organismit tuottavat usein tarvitsemansa energian hapetus-pelkistysreaktioiden avulla.



Kuva 2/2.
Aineiden esiintyminen kaatopaikkasysteemeissä (Kettunen 1997).

2 Jätetäytön ominaisuudet

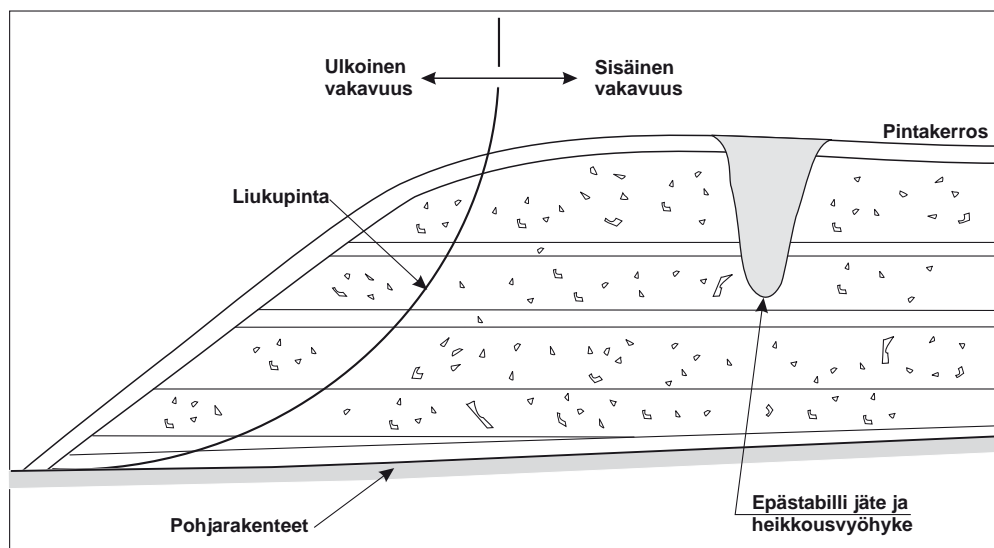
2.1

Kaatopaikan vakavuus ja jätteen lujuusominaisuudet

Kaatopaikan vakavuus riippuu kaatopaikan pohjan ja jätepenkereen lujuusominaisuuksista, jätteiden ja perustan muodonmuutoksista sekä jätteiden ja perustan vesipainesuhteista. Kaatopaikan sortumalle on olemassa useita vauriomalleja. Luiskien sortuma tapahtuu yleensä liukupintaa pitkin jätealueen pohja- ja tiivisterakenteiden kautta. Sisäinen vakavuus riippuu jätteiden sijoittamisesta alueelle (kuva 3/2).

Kaatopaikkajätteiden lujuusominaisuuksien määrittäminen ja tulosten luotettavuuden arviointi on vaikeaa johtuen mm. jätteiden heterogeenisyydestä, komponenttien suurista kokoeroista, tiivistämisasteesta, päivittäisestä peittämisestä, kosteudesta, jätteiden iästä ja hajoamisen asteesta. Kaatopaikkajätteen kitkakulmaksi voidaan olettaa 25–26° ja koheesioksi 30 kPa (taulukko 1/2).

Suomessa on tapahtunut kaatopaikkojen sortumia. Mankkaan kaatopaikan sortuma vuoden 1985 syksyllä johtui runsaiden ylijäämämaiden läjittämisestä, jolloin perusmaa murtui. Iso-Huopalahden ja Vuosaaren kaatopaikkojen jätemaiden läjitysalueilla on tapahtunut sortumia 1980-luvulla. Hollolan kunnan Aikkalan kaatopaikalla on murtunut kaatopaikkavesien tasausaltaan pato.



Kuva 3/2. Kaatopaikan ulkoinen ja sisäinen vakavuus.

Taulukko 1/2. Yhdistelmä kaatopaikkajätteen lujuusominaisuuksien tutkimuksista (Cancelli 1989).

Kitkakulma, (aste)°	Koheesio, kPa	Lähde
22	60	Laboratoriokokeet (Fang ym. 1977)
15–22	75	Ääriarvot laboratoriokokeista (Fang 1983)
20	20–25	Ehdotetut arvot kaatopaikkasuunnitteluun (Oweis ym. 1985)
26–34	25	Ehdotetut ääriarvot (STS Consultants 1985)
25	30	Ehdotetut arvot (Chen 1986)
32	0	Jälkilaskenta-arvot (Tonteri ja Lindroos 1987)

2.2

Kaatopaikan painuma

Kaatopaikat painuvat pitkiä aikoja täytön lopettamisen jälkeen mm. orgaanisen aineksen pitkän hajoamisajan vuoksi. Kaatopaikan painumaa laskettaessa käytetään yleensä yksidimensionaalisen konsolidaation teoriaa (Oweis ja Khera 1986, Saarikoski ym. 1981).

Crawfordin ja Smithin (1985) mukaan jätteet, joiden tilavuuspaino on 6 kN/m^3 painuvat yleensä noin 10–20 %, mutta 30 % tai sitä suuremmat painumat ovat myös mahdollisia. Jätteet, joiden tilavuuspaino on 12 kN/m^3 , painuvat todennäköisesti 10 % tai vähemmän. Suurin osa kaatopaikkojen painumasta tapahtuu 10 vuoden aikana. Painuminen lakkaa kuitenkin vasta noin 30 vuoden aikana. Frantzisin (1991) mukaan kaatopaikkojen jätetäytön kokonaispainuma on 10–25 % jätetäytön korkeudesta ja suurin osa siitä tapahtuu 10 vuoden aikana.

Kaatopaikkojen pohjamaan painuminen on usein huomattavaa. Petäjän (1985) mukaan pehmeikölle rakennetun 15 metriä korkean Iso-Huopalahden kaatopaikan alla olevan noin 15 m savikerrostuman painumaksi on saatu kaatopaikan korkeimmalla kohdalla 3,5 m. Turvesoilla suhteellinen painuma voi olla vielä suurempi.

2.3

Kaatopaikkajätteen vedenläpäisevyys

Kaatopaikkajätteen vedenläpäisevyys voi vaihdella huomattavasti riippuen jätteen laadusta ja tiivistysasteesta, joka riippuu mm. pengerkorkeudesta (taulukko 2/2). Myös kaasun johtamista varten tehdyt kivilaot ja päivittäinen peittomateriaali vaikuttaa jätetäytön vedenläpäisevyyteen. Jätetäytön vedenläpäisevyydellä on merkitystä mm. kaatopaikan kuivatusjärjestelmiin. Mikäli jätteen vedenläpäisevyys on $1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$, se toimii jo pintaeristeenä ja läpäisee noin 20 % vuotuisesta sadannasta (Saarela 1997).

3 Kaatopaikkakaasujen muodostuminen ja ominaisuudet

Kaatopaikkakaasu on biologisesti hajoavasta jätteestä hapettomassa tilassa tapahtuvan hajoamisen tuloksena syntyvää kaasua, joka sisältää lähinnä metaania (55–65 %) ja hiilidioksidia (35–45 %). Kaasun pääkomponentit metaani ja hiilidioksidi ovat molemmat värittömiä ja hajuttomia kaasuja. Pieninä pitoisuuksina kaasussa esiintyy kloori- ja fluorihiilivetyjä sekä rikkiyhdisteitä, jotka aiheuttavat biokaasulle ominaisen hajun. Luonnossa anaerobista hajoamista tapahtuu soilla, järvien ja merien pohjaleijussa ja riisiviljelmillä. Eläinkunnassa biokaasua syntyy märehitijöiden pötsissä. Ihminen käyttää tätä biologista prosessia monipuolisesti hyväksi esimerkiksi jätevesien, lietteen ja jätteiden käsittelyssä. Biometanointia voidaan pitää jätteiden ekologisena käsittelyprosessina, jossa yhdistyvät ympäristönsuojelulliset hyödyt ja pienimuotoinen energian tuotanto. Lopputuotteena anaerobisessa hajoamisessa saadaan lannoitteeksi soveltuvaa biomassaa ja runsaasti metaania sisältävää biokaasua (Jaanu 1987).

Taulukko 2/2. Yhteenveto kaatopaikkajätteen vedenläpäisevyydestä eri tutkimusten mukaan (Saarela 1997).

Vedenläpäisevyys m/s	Huom.	Lähde
$1 \cdot 10^{-3}$ – $1 \cdot 10^{-7}$	Jätteen ominaisuuksista ei tarkempia tietoja	U.S. EPA (1983)
$1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-8}$	Tilavuuspaino 6 kN/m ³ –11 kN/m ³	Fang (1983)
$1 \cdot 10^{-4}$	Tiivistämätön jäte	Canziani ja Cossu (1989)
$1 \cdot 10^{-6}$	Tiivistetty jäte	Canziani ja Cossu (1989)
$1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-5}$	Tehokkaasti tiivistetty jätepenger	Ettala (1987)
$1 \cdot 10^{-3}$	Kevyesti tiivistetty jätepenger	Ettala (1987)

Globaalilla tasolla kaatopaikkojen aiheuttamat metaanipäästöt ovat ongelma. Metaanin hapettuminen alailmakehässä lisää otsonin määrää. Hiilidioksidin verrattuna metaania pidetään 23 kertaa voimakkaampana kasvihuonekaasuna, koska sen säteilyä pidättävä vaikutus on sadan vuoden tarkastelujaksolla noin 23 kertaa suurempi kuin hiilidioksidin (IPCC 2001). Suomessa vuonna 1996 arvioitiin jätehuollon osuuden olevan 4 % (CO₂-ekv.) kaikista kasvihuonepäästöistä.

Kaasun muodostumiseen vaikuttavat eniten jätteen koostumus, jätepenkereen ja jätteen rakenne, kosteus ja lämpötila. Olosuhteet eri kaatopaikoilla poikkeavat myös toisistaan; varsinkin pienet matalat kaatopaikat saattavat olla vuosikausia pääosin aerobisessa tilassa, jolloin biokaasua muodostuu vähän jätteen hajotessa pääosin heikosti kompostoitumalla. Kaasun muodostus lisääntyy, kun jätekerroksen paksuus kasvaa tai kaatopaikka peitetään ja maisemoidaan. Kun jätepenkereen korkeus on useita metrejä, edistyy mätäneminen paremmin ja kaasua muodostuu jo muutaman kuukauden kuluttua jätteen läjittämisestä.

Jätteen hajoaminen on useimmilla kaatopaikoilla erittäin hidasta ja kaasua muodostuu vuosikymmenten ajan. Sama prosessi voidaan viedä hallitusti läpi anaerobireaktorissa muutamassa viikossa. Hitaasti hajoavia jättejakeita ovat tyypillisesti pakkausjätteet, muovit, puu ja kuori, johon anaerobisten mikro-organismit pääsevät heikosti käsiksi. Metanogeenien toimintaa saattavat suoranaisesti hidastaa kosteuden puute, suuret pH-muutokset, sulfaattipitoiset jätteet (esim. tuhka) tai torjunta-aineet.

Suuri osa suomalaisista kaatopaikoista on matalia ja jätepenkereen lämpötila pintakerroksen alapuolella on 10–15 °C (Ettala 1988), kun anaerobisen hajoamisen kannalta optimi on 35–37 °C tai 55–60 °C. Matalalla kaatopaikalla lämpötila laskee talvella ja heikentää anaerobista hajoamista merkittävästi. Kylmästä talvesta huolimatta kaasun muodostuminen yleensä jatkuu, kun jätetäytön korkeus ylittää 4–5 metriä.

Kosteudella on oleellinen merkitys kaasun tuotantoon. Vaikka vesipinnat jätetäytössä ovat paikoitellen korkealla, aiheuttaa jätteen kuivuminen kaasun tuotannon vähenemistä erityisesti kevättalvella penkereen pintakerroksissa. Kosteuden lisäyksellä voidaan nopeuttaa jätteen hajoamista ja lisätä kaasun tuotantoa merkittävästi. Nykäsen (1998) mukaan suotovesien kierrätys vaikuttaa suotuisasti metaanin tuotantoon.

Orgaanisen aineen hajoamisesta syntyvä metaani muodostaa ilman kanssa räjähtävän seoksen, kun sen määrä tilavuudesta on 5–15 %. Jos sellaisia määriä kerääntyy kaatopaikalla oleviin rakennuksiin, on olemassa räjähdysvaara. Metaani voi purkautua kaatopaikalla oleviin rakennuksiin usealla eri tavalla. Jos perustuksissa on käytetty paaluja, ne voivat muodostaa reitin metaanin purkautumiselle. Peruslaatan alle voi muodostua painanteita, jotka voivat täyttyä metaanilla, mikä voi tunkeutua rakennuksiin. Metaani voi tunkeutua rakennuksiin myös putkistoja pitkin ja rikkoutuneiden salaojien kautta. Metaaniseos voi kerääntyä myös viemäreihin ja kuoppiin.

Jos vain on mahdollista, kaasua muodostava jäte on poistettava rakennuksen alta ja korvattava sopivalla maa-aineksella. Tämä ratkaisee samalla myös painumien aiheuttamat ongelmat. Kaasunvirtaus ympäröivästä jätteestä voidaan mahdollisesti estää tiiviillä ja eristävällä maakerroksella. Kuitenkaan sekään ei aina toimi. On olemassa tapauksia, joissa kaasu on kuplinut jopa 4 m paksun savikerroksen läpi (Crawford ja Smith 1985). Jos jätteiden poisto rakennusten alta ei ole mahdollista, on rakentaminen tehtävä niin, että kaasun purkautuminen rakennusten sisään on estetty.

Jos kaatopaikka-alue päällystetään esim. paikoitusalueeksi tai avovarastoksi, on päällysteen alle rakennettava kaasunpoistorakenteet. Ne voivat muodostua kivisalojista ja tuuletusputkistoista, jotka sijoitetaan sopiviin kohtiin. Niiden sijoittamisessa on otettava huomioon myös vallitsevat tuuliolosuhteet ja läheisten rakennusten sijainti.

4 Kaatopaikkavesien muodostuminen ja ominaisuudet

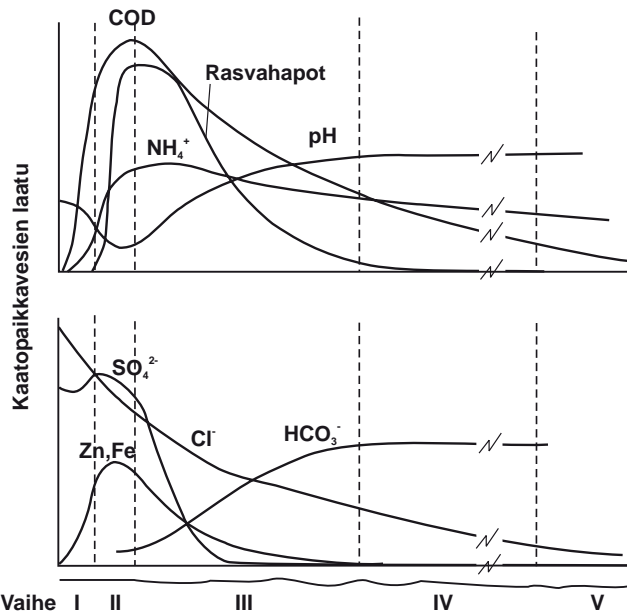
Muodostuvien kaatopaikkavesien määrä vaihtelee huomattavasti vuodenaikojen, sateiden, lumipeitteen, pakkasten ym. mukaan. Kaatopaikalla, jonka pohjarakenteet ovat kunnossa ja jossa kaatopaikkavesien keräys on järjestetty, muodostuu kaatopaikkavesiä keskimäärin 7–16 m³/ha·d (Ruuskanen 1995). Kuukausittain kaatopaikkavesien määrä voi vaihdella ainakin 4–45 m³/ha·d (Lehto ja Pelkonen 1996) ollen yleensä suurimmillaan keväällä ja pienimmillään kesällä (pienillä kaatopaikoilla myös jäätymisen vuoksi talvella). Vanhemmilla, pohjarakenteita vailla olevilla kaatopaikoilla kuukausittaiset vesimäärät ovat vaihdelleet 0–36 m³/ha·d (kolme eteläsuomalaista kaatopaikkaa; Ettala 1986) ja 4,4–35 m³/ha·d (yhdeksän kaatopaikkaa eripuolilta Suomea; Assmuth ym. 1990). Assmuthin ym. tutkimuksessa (1990) näytteet koottiin purkuojasta, jonka valuma-alueesta kaatopaikka muodosti yli 50 %. Jopa puolet kaatopaikkavesimäärästä muodostuu maaliskokuussa (Ettala 1986). Kaatopaikkaveden tyypillinen käsittelylämpötila on 5 °C (taulukko 3/2).

Taulukko 3/2. Kaatopaikkaveden lämpötila Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n Kujalan kaatopaikalla Lahdessa 1997 osuutena ajasta ja kokonaisvirtaamasta 45000 m³/a (Ettala 1999).

Laskentaperuste	Osuus (%) kaatopaikkaveden lämpötila-alueella		
	< 5 °C	5–10 °C	> 10 °C
Aika	56,2	9,6	34,2
Virtaama	54,8	10,4	34,8

Suljettujen kaatopaikkojen vesimäärän on arvioitu olevan noin 20 % vuosittaisesta sadannasta, jos jätetäytön pintarakenteen vedenläpäisevyys on luokkaa 1·10⁻⁸ m/s eikä siinä esimerkiksi ole halkeamia tai pahoja painumia (Saarela, 1997). Suomen keskimääräisen sadannan ollessa noin 650 mm/a muodostuu kaatopaikkavesiä tehokkaasti pintaeristetyillä jätepenkereillä siten keskimäärin 3–4 m³/ha·d.

Helposti biologisesti hajoavaa jätettä sisältävillä kaatopaikoilla (yhdyskuntajätteen kaatopaikat) kaatopaikkavesien laatu muuttuu aikaa myöten, kun jätteiden hajoaminen jätetäytössä etenee (kuva 4/2). Jätteiden hajoamisen ollessa ns. happovaiheessa sisältää kaatopaikkavesi runsaasti biohajoavaa ainetta ja esim. BOD/COD suhde on tyypillisesti > 0,4 (Ehrig 1989). Lisäksi pH on alhainen, mikä edistää metallien liukenemista. Jätteiden hajoamisen edetessä metaanivaiheeseen helposti biohajoavan aineen määrä vähenee huomattavasti, BOD/COD suhde laskee (< 0,1) ja pH nousee (Ehrig 1989). Hitaasti biohajoavan orgaanisen aineen määrä on suhteessa suuri. Tiettyjen aineiden kuten ammoniumtypen, fosforin ja kloridien pitoisuudet muuttuvat vain vähän eri hajoamisvaiheissa. Päinvastoin kuin viemäriveredet, kaatopaikkavedet sisältävät runsaasti typpeä ja vähän fosforia. Käytännössä kaatopaikan eri osat ovat samaan aikaan eri hajoamisvaiheissa, mikä vaikuttaa veden laatuun.



Kuva 4/2. Kaatopaikkavesien laadun muutos teoreettisesti (Christensen ja Kjeldsen, 1989).

Tuhkajätteen kaatopaikalla raskasmetallit ja suolat (esim. kloridit ja sulfaatit) aiheuttavat eniten ympäristökuormitusta (Brown ja Ray 1983; Hjelmar 1995; Liem ym. 1983), joskin tuhka sisältää myös 5–17 % orgaanista ainesta. Raskasmetallien liukeneminen tuhkajätteestä riippuu voimakkaasti jätetäytön pH:n muuttumisesta läpivirtaavan veden vaikutuksesta. Suolojen liukeneminen on yleensä tasaisempaa.

Taulukossa 4/2 on esitetty joitakin tärkeimpiä yhdyskuntajätteen kaatopaikkavesien ominaisuuksia. Jätetäytön sisällä veden pitoisuudet ovat taulukossa 5/2 esitetyjä väkevämpiä (Ettala ja Rossi 1996; Lehto ja Pelkonen 1996), mikä on otettava huomioon valtioneuvoston päätöksen edellyttämällä tavalla salaojitetuilla kaatopaikoilla. Taulukossa 5/2 on esitetty yhdyskuntajätteen poltosta tulevan tuhkajätteen kaatopaikkavesien ominaisuuksia.

Useilla yhdyskuntien ja teollisuuden kaatopaikoilla on Suomessa mitattu taustapitoisuuksia suurempia orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia (Assmuth ym. 1990). Kuitenkin vain dikloorimetaanin, 1,2-dikloorietaanin, tri- ja tetrakloorietaani, tolueenin, ksyleenin, etyylibentseenin, heksaklooribentseenin, trikloorifenolin, joidenkin kloorattujen pestisidien ja PCB-yhdisteiden pitoisuudet ylittivät juomavedessä sallitut pitoisuudet tai SAMASE-raja-arvot tietyillä kaatopaikoilla. Arvioitaessa välitöntä myrkyllisyyttä vesieliöille 26 kaatopaikan vedet 35:stä havaittiin toksisiksi ns. Daphnia-testissä (Assmuth ym. 1990).

Kaatopaikkavedet sisältävät myös metalleja (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn, Pb, Zn) ja arseenia. Yhdyskuntajätteen kaatopaikoilla niiden pitoisuudet alittavat kuitenkin usein juomavedessä sallitut pitoisuudet (Ettala ym. 1988; Kalliokoski ym. 1987; Kettunen 1997) rautaa ja mangaania lukuunottamatta (taulukko 4/2). Kromi- ja nikkelipitoisuudet voivat ylittyä joillakin kaatopaikoilla. Teollisuuden kaatopaikoilla (Assmuth ym. 1990) metallipitoisuudet voivat olla korkeita.

LIITE 2/11

Taulukko 4/2. Vanhojen (ennen vuotta 1987 perustetut) ja uusien pohjaeristettyjen yhdyskuntajätteen kaatopaikkojen vedenlaatutietoja Suomessa. Kaikki yksiköt mg/l, paitsi pH, sähkönjohtokyky (mS/m) ja fekaaliset koliformit (cfu/ml).

	Vanhat ¹⁾	Uudet ²⁾
COD _{Cr}	300–1700	2000–8000
BOD ₇	40–400	1000–6000
NH ₄ -N	40–130	60–220
P-tot	-	1–5
pH	6,6–7,9	6,4–7,6
sähkönjohtokyky	200–700	300–600
fekaaliset koliformit	1–700	1–800
Cl ⁻	200–400	300–400
SO ₄ ²⁻	-	1–200
Ca	70–300	400–800
Cu	0,004–0,1	0,004–0,04
Fe	6–300	30–70
Mn	0,45–5,8	1,1–3,1
Zn	0,02–0,5	0,3–1,4

1) Ettala ym. 1988 (5 kaatopaikkaa); Kalliokoski ym. 1987 (8 kaatopaikkaa)

2) Jäppinen 1995 (Ämmäsuon kaatopaikka); Lehto ja Pelkonen 1996 (Nurmijärven kaatopaikka)

Taulukko 5/2. Yhdyskuntajätteen poltosta tulevan tuhkaajätteen kaatopaikan vesien ominaisuuksia (kirjallisuustutkimus, Heyer ja Stegmann, 1997).

	Yksikkö	Minimi	Mediaani	Maksimi
pH		7,4	7,7	8,0
Sähkönjohtokyky	mS/m	2200	4500	7100
COD	mg/l	17	859	1700
BOD ₅	mg/l	22	42	62
Na	mg/l	300	5050	9800
Ca	mg/l	401	521	641
NH ₄ -N	mg/l	0,3	72	190
Cl	mg/l	290	2784	9300
SO ₄	mg/l	985	1562	2900
Fe	mg/l	0,5	0,75	1,0
Cd	mg/l	0,0009	0,002	0,005
Ni	mg/l	0,001	0,02	0,07
Zn	mg/l	0,002	0,066	0,25

5 Jätetäytön sisäinen vesi ja kaatopaikan pohjalla vallitsevat olosuhteet

Kaatopaikkavesiä on tutkittu Suomessa runsaasti, mutta näytteet edustavat kaatopaikkavesialtaissa tai purkuojissa olevaa vettä. Jätepenkereen sisäisestä vedestä mitauksia on tehty sitä vastoin Suomessa vain vähän (Ettala ym. 1988; Ettala 1990; Ettala ja Rossi 1996; Assmuth ym. 1990). Kansainvälisesti jätepenkereestä salaojituksien tai havaintoputkien avulla otettujen vesinäytteiden laadusta on runsaasti havaintoja (esim. Christensen ym. 1992). Jätepenkereen pohjalla vallitsevat olosuhteet vaikuttavat mm. salaojakerroksen toimivuuteen (Brune ym. 1994). Arvioitaessa luotettavasti pohjavesivaikutuksia on syytä tietää jätepenkereen pohjan läpi suotautuvan veden määrä ja laatu, mikä ei ole ollut mahdollista nykyisistä kaatopaikoista käytettävissä olevan tiedon perusteella.

Jätepenkereen sisäinen vesi on yleensä korkealla, mikä lisää pohjavesikuormitusta (Ettala ja Rossi 1996). Vesipinnan korkeus voi poiketa kaatopaikkojen välillä merkittävästi. Tämän vuoksi sisäisen vesipinnan laskua on syytä harkita tapauskohtaisesti vanhojen kaatopaikkojen käyttöaikaa jatkettaessa tai jätepenkereitä kunnostettaessa. Hiilidioksidin vapautuminen sisäisestä vedestä voi aiheuttaa pumppausongelmia.

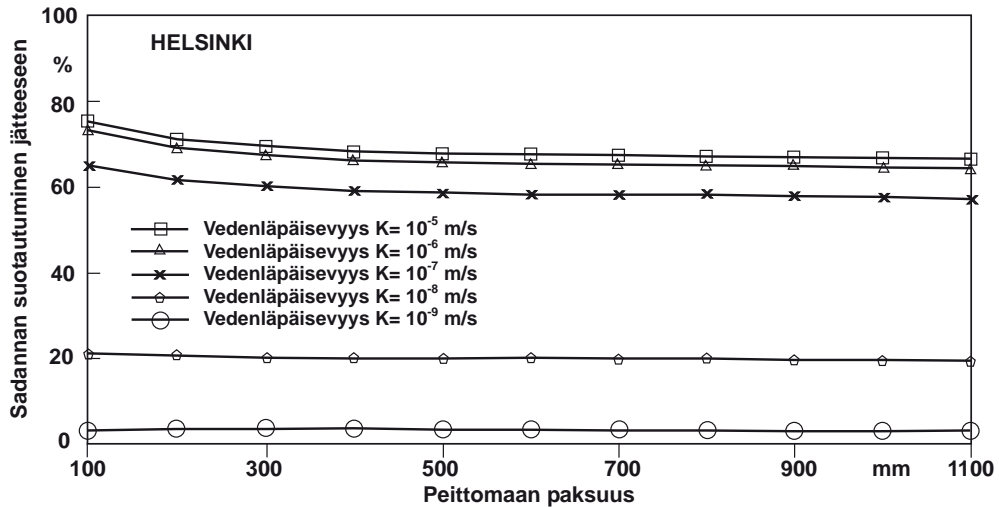
Jätepenkereen sisäisen veden laadun vaihtelu havaintoputkissa on tyypillisesti ajan suhteen pieni. Eri puolilla kaatopaikkaa sijaitsevien havaintoputkien välillä veden laatu voi vaihdella, mutta erot eivät välttämättä ole tilastollisesti merkitseviä. Kaatopaikkojen välillä sisäisestä vedestä mitatut pitoisuudet poikkeavat toisistaan. Myös yhdyskuntien ja metsäteollisuuden kaatopaikat poikkeavat sisäisen veden laadun suhteen toisistaan. Jätepenkereen sisäisen veden laatu on syytä tarkistaa kaatopaikkakohtaisesti ja eri puolilla kaatopaikkaa.

Liitteen 2 lähteet

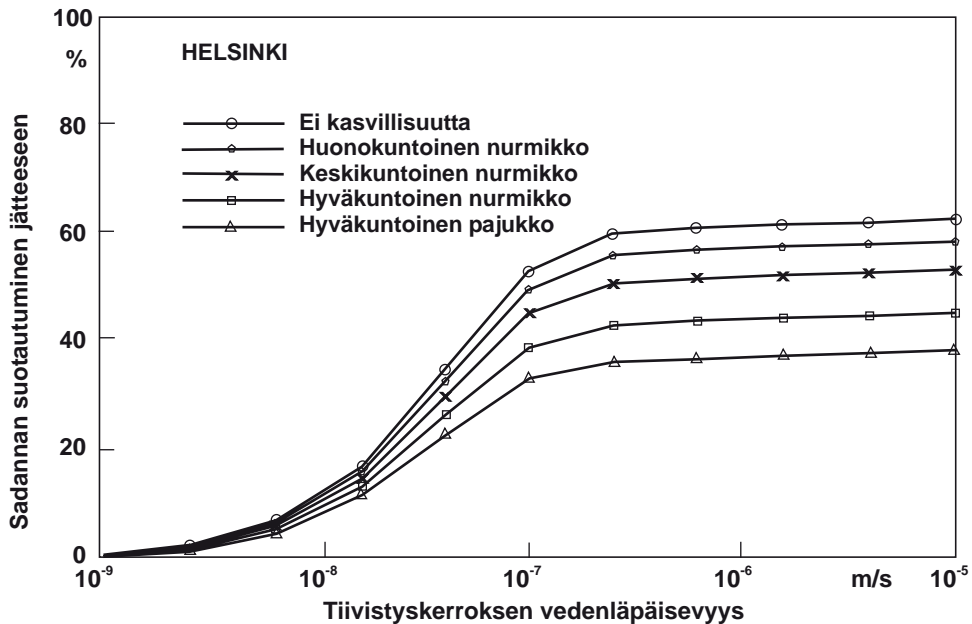
- Airola, S. & Lakso, E. 1996. Kaatopaikkakaasun muodostuminen Pohjois-Suomen kaatopaikoilla – vaikutukset hoito ja sulkemistoimenpiteisiin. *Vesitalous* 1996(5): 23–25. (Ref. Kettunen 1997)
- Assmuth, T., Poutanen, H., Strandberg, T., Melanen, M., Penttilä, S. & Kalevi, K. 1990. Kaatopaikkojen ongelmajätteiden ympäristövaikutukset – riskikaatopaikkatutkimuksen pääraportti. Vesi ja ympäristöhallitus, Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja -sarja A 67. 211 s. ISBN 951-47-4281-8.
- Brown, J. & Ray, N.J. 1983. The Handling and Disposal of Coal Ash in the CEGB in Relation to the Aqueous Environment. *Water Science and Technology* 15: 11–24.
- Brune, M., Ramke, H.G., Collins, H.J. & Hanert, H.H. 1994. Incrustation problems in landfill drainage systems. Julk.: Christensen, T.H., Cossu, R. & Stegmann, R. (toim.) *Landfilling of Waste: Barriers*. E & FN SPON. Lontoo. S. 596–605.
- Cancelli, A. 1989. Soil and refuse stability in sanitary landfill. Julk.: Christensen, T.H., Cossu, R. & Stegman, R. (toim.). *Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impacts*. London, Academic Press. S. 483–507. ISBN 0-12-174255-5.
- Canziani, R. & Cossu, R. 1989. Landfill Hydrology and Leachate Production. Julk.: Christensen, T.H., Cossu, R. & Stegman, R. (toim.). *Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impacts*. Academic Press, London, UK. S. 185–212.
- Chen, R.-H. 1986. Slope stability analysis of a waste landfill. Julk.: Hsai-Yang Fang (toim.). *International Symposium on Environmental Geotechnology Vol. I*. Bethlehem, Envo Publishing. S. 37–42. ISBN 0-932871-13-5.
- Christensen, T.H. & Kjeldsen, P. 1989. Basic Biochemical Processes in Landfills. Julk.: Christensen, T.H., Cossu, R. & Stegman, R. (toim.). *Sanitary Landfilling: Processes, Technology and Environmental Impacts*. Academic Press, London, UK. s. 29–50. ISBN 0-12-174255-5.
- Christensen, T.H., Cossu, R. & Stegmann, R. (toim.). 1992. *Landfilling of waste: Leachate*. Elsevier, London. 520 s.
- Crawford, J.F. & Smith, P.G. 1985. *Landfill technology*. London, Butterworths. 159 s. ISBN 0-408-01407-5.
- Ehrig, H.J. 1989. Leachate Quality In Sanitary Landfilling: Processes, Technology and Environmental Impacts. Academic Press, London, UK. s. 213–229.
- Ehrig, H.J. 1991. Prediction of Gas Production from Laboratory Scale Tests. Julk.: *Proceedings Sardinia-91. Third International landfill Symposium*. 14–18 October, 1991, S. Margherita di Pula (Cagliari), Sardinia, Italy. S. 87–114.
- Ettala, M. 1986. Snow cover and maximum leachate discharge of a sanitary landfill. *Aqua Fennica* 16(2): 187–202.
- Ettala, M. 1987. Infiltration and hydraulic conductivity at a sanitary landfill. *Aqua Fennica* 17(2): 231–237.
- Ettala, M. 1988. *Short-rotation Tree Plantations and Hydrological Aspects in Landfill Management*. Doctoral thesis. Helsinki University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Surveying, Espoo, Finland. 220 s.
- Ettala, M., Rahkonen, P., Kitunen, V., Valo, O. & Salkinoja-Salonen, M. 1988. Quality of refuse, gas and water at a sanitary landfill. *Aqua Fennica* 18(1): 15–28.
- Ettala, M. 1990. Water sampling in a sanitary landfill. *Aqua Fennica* 20(2): 199–201.
- Ettala, M. & Rossi, E. 1996. Kaatopaikan sisäinen vesi. *Vesitalous* 1996(1): 27–29.
- Ettala, M. 1999. Kaatopaikkojen suunnittelun, käytön ja ympäristökuormituksen epävarmuuksia. *Vesitalous* 1999(2): 47–49.
- Fang, H.Y., Slutter, R.G. & Koerner, R.M. 1977. Load bearing capacity of compacted waste disposal materials. Julk.: Moh, Z.C. (toim.). *Proc. Spec. Sess. On Geotech. Eng. And Envir. Geotechnics I: IX Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Tokyo*. S. 265–278.
- Fang, H.Y. 1983. *Physical properties of compacted disposal materials*. Unpublished Report. Philadelphia.
- Frantzis, I. 1991. Settlement in the landfill site of Schisto. Julk.: *Sardinia 91, Third International Landfill Symposium*, 14–18 October 1991, S. Margherita di Pula (Cagliari), Sardinia, Italy. *Proceedings, vol. II*. Cagliari, CISA, Environmental Sanitary Engineering Centre. S. 1189–1195.

- Gurijala, K.R. & Sufflita, J.M. 1993. Environmental Factors Influencing Methanogenesis from Refuse in Landfill Samples. *Environmental Science and Technology* 27(6): 1176-1181.
- Hjelmar, O. 1995. Incineration of MSW: Implications for Landfill Strategy and Leachate Management. *Julk.: Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, October 2-6, 1995, S. Margherita di Pula (Gagliari), Sardinia. S. 329-356.*
- Heyer, K.U. & Stegmann, R. 1997. Landfilling of Bottom Ashes from Incineration of Municipal Solid Waste: a General Survey. *Julk.: Proceedings Sardinia 97, Sixth International Landfill Symposium (part V), October 13-17, S. Margherita di Pula (Cagliari), Sardinia. S. 521-534.*
- IPCC 2001. *Climate Change 2001: the scientific basis.* Houghton J.T. ym. (toim.). Cambridge University Press, Cambridge. 881 s. ISBN 0-521-01495-6.
- Jaanu, K. 1987. Kaatopaikkakaasun käyttöönottokeilu Helsingissä Vuosaaren kaatopaikalla. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta ja Ekono Oy. Helsinki. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Sarja D:134. 107 s. ISBN 951-47-0824-5.
- Jäppinen, M. 1995. Henkilökohtainen tiedonanto (Jäppinen-Kettunen). Espoon kaupunki, Vesi- ja viemärilaitos, Espoo.
- Kalliokoski, P., Siivonen, K., Etula, A., Pärjälä, E., Mälkki, E. & Suokko, T. 1987. Kaatopaikoilta liukenevat haitalliset yhdisteet ja niiden vaikutus pohjavesiin. Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, Helsinki. Sarja A/53/1966. 107 s.
- Kettunen, R.H. 1997. Treatment of landfill leachates by low-temperature anaerobic and sequential anaerobic-aerobic processes. Väitöskirja. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tampere. Julkaisuja 206. 142 s.
- Lehto, M. & Pelkonen, M. 1996. Nurmijärven mallikaatopaikan suotovedet ja niiden käsittely. *Vesitalous* 1996(1): 21-26.
- Liem, H., Sandström, M., Wallin, T., Carne, A., Rydevik, U., Thurenius, B., & Moberg, P.-O. 1983. Studies on the Leaching and Weathering Processes of Coal Ashes. *Water Science and Technology* 15: 163-191.
- Nykänen, V. 1998. Päästöjen hallinta Seutulan kaatopaikalla. Diplomityön käsikirjoitus.
- Oweis, I., Mills, W. & Leung, A. 1985. Slope Stability of Sanitary Landfills. ASCE Metropolitan Section Seminar, New York.
- Oweis, I.S. & Khera, R. 1986. Criteria for geotechnical construction of sanitary landfills. *Julk.: Hsai-Yang Fang (toim.). International Symposium on Environmental Geotechnology Vol. I. Bethlehem, Envo Publishing. S. 205-222. ISBN 0-932871-13-5.*
- Petäjä, J. 1985. Kaatopaikan rakentaminen ja rakenteet. *Julk.: Kaatopaikan perustaminen ja kunnostus, 11.-13.2.1985. Helsinki, Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. INSKO 49-85 VIII: 10 s.*
- Rees, J.F. 1980. Optimisation of Methane Production and Refuse Decomposition in Landfills by Temperature Control. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 30: 953-961.
- Ruuskanen, P. 1995. Henkilökohtainen tiedonanto (Ruuskanen-Kettunen). YTV (Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta).
- Saarela, J. 1997. Hydraulic approximation of infiltration characteristics of surface structures on closed landfills. Monographs of the boreal environment research no 3. 139 s.
- Saarikoski, K., Salminen, A. & Saarelainen, S. 1981. Kaatopaikkateknologian perusteet. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tiedote 42/1981. 65 s., liitt. ISBN 951-38-1293-6.
- Snoeyink, J. & Jenkins, D. 1980. *Water Chemistry.* Wiley, New York. 463 s. ISBN 0-471-05196-9.
- STS Consultants Ltd. 1985. Geotechnical slope stability analysis for perimeter slopers, DeKorte Park landfill. Unpublished Report.
- Sufflita, J.M., Gerba, C.P., Haam, R.K., Palmisano, A.C., Rathje, W.L. & Robinson, J.A. 1992. The World's Largest Landfill. A Multidisciplinary Investigation. *Environmental Science and Technology* 26(8): 1486-1495.
- Tchobanoglous, G. 1991 *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse.* 3rd ed. McGraw-Hill, New York.
- Tonteri, K.J. & Lindroos, P.T. 1987. Stability problems of landfill site founded on peat bog. *Julk.: Thanrahan E.T., Orr, T.L.L. & Widdis, T.F. (toim.). Groundwater effects in geotechnical engineering: Proceedings of the ninth European conference on soil mechanics and foundation engineering, Dublin / 31 August-3 September 1987, vol. I. Rotterdam, Balkema. S. 337-342. ISBN 90 6191 721 2.*
- U.S. EPA 1983. Landfill and Surface Impoundment Performance Evaluation. Washington, DC. Report no. SW-869. EPA United States Environmental Protection Agency, USA

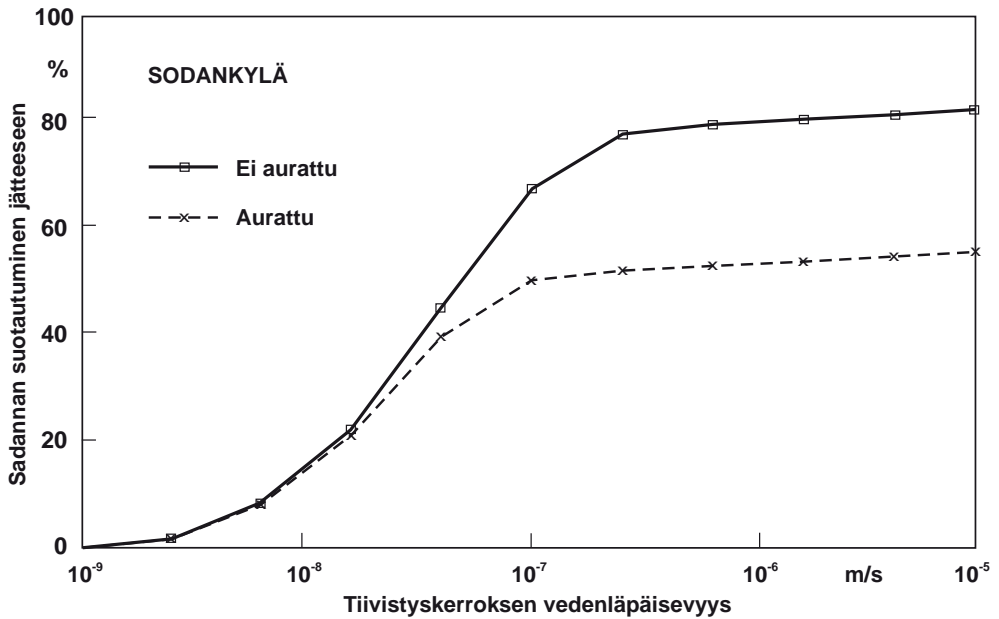
Liite 3. Kaatopaikan pintatiivisterakenteen tehokkuuskäyrästäjä.



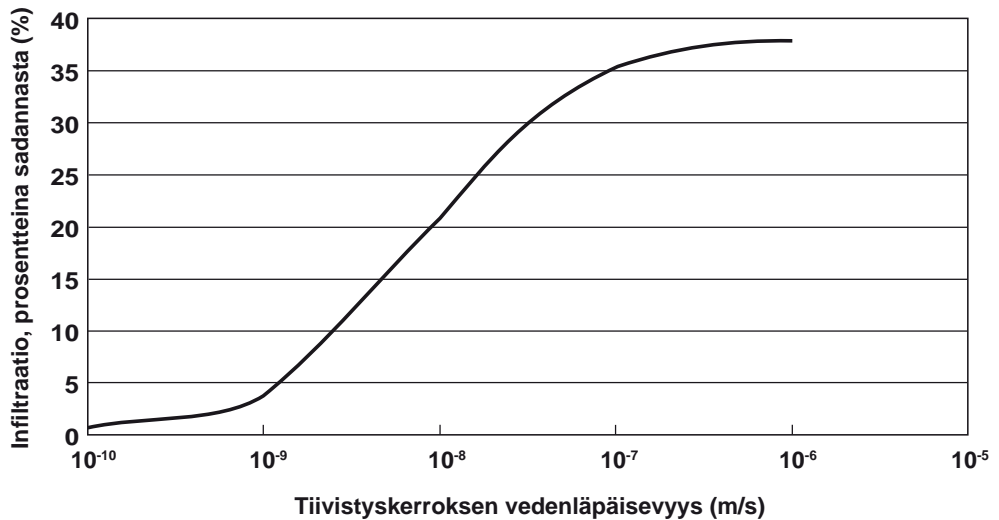
Kuva 1/3. Peltomaan vedenläpäisevyyden ja paksuuden vaikutus jätteeseen suotautuviin vesimääriin Helsingin leveysasteella. Simulointilaskelmissa pinnan pituus 80 m, kaltevuus 5 % ja pinnassa ei kasvillisuutta (Saarela 1997).



Kuva 2/3. Tiivistyskerroksen vedenläpäisevyyden ja kasvillisuuden vaikutus jätteeseen suotautuviin vesimääriin Helsingin leveysasteella. Simulointilaskelmissa pinnan pituus 80 m, kaltevuus 5 %. Pintakerroksen paksuus 500 mm, vedenläpäisevyys 10^{-4} m/s. Tiivistyskerroksen paksuus 600 mm ja vedenläpäisevyys 10^{-5} m/s– 10^{-9} m/s (Saarela 1997).



Kuva 3/3. Tiivistyskerroksen vedenläpäisevyyden ja lumen aurauksen vaikutus jätteeseen suotautuviin vesimääriin Sodankylän leveysasteella. Ei kasvillisuutta (Saarela 1997).



Kuva 4/3. Infilttraatio tiivistyskerroksen läpi eri tiivistyskerroksen vedenläpäisevyyksillä Pertunmaalla (Erkinheimo 1999).

Liite 4. Kaatopaikkaveden erillis-/esikäsittelyssä huomioitavat tekijät.

Kaatopaikkaveden erillis/esikäsittelyssä huomioitavat tekijät. (Kettunen ym. 2000)

Huomioitava	Laskeutus (tasaus)	Ilmastus	Biolog. anaerobinen käsittely	Biolog. aerobinen käsittely
Veden matalan lämpötilan vaikutus mitoitukseen (lasku $20 \rightarrow 2$ °C)	Veden viskositeetti kasvaa, laskeutuminen hidastuu	Hapen vesiliukoisuus kasvaa, ilmastusenergian tarve vähenee	Biolog. ja kemialliset reaktiot hidastuvat, prosessi mitoitettava suuremmaksi	Biolog. ja kemialliset reaktiot hidastuvat, prosessi mitoitettava suuremmaksi
Veden virtaaman tai laadun vaihtelun vaikutus mitoitukseen esim. virtaaman, COD:n tai NH_4 -n kaksinkertaistuminen. Laitoksen kapasiteetti on 1) virtaamarajoitteinen 2) kuormitusrajoitteinen	1) Allaskoon suurentaminen	1) Laitoksen koko kaksinkert. tai tasaus ennen käsittelyä	2) Kestää hitaita vaihteluja, vaatii yleensä tasauksen ennen käsittelyä	2) Kestää hitaita vaihteluja, vaatii yleensä tasauksen ennen käsittelyä
Veden korrodoivuus huomioitava materiaaalivalinnoissa	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Veden saostuvat yhdisteet (Fe, Mn, Ca jne.) huomioitava suunnittelussa	Kyllä; laskeutusaltaan lietteenpoisto	Kyllä; esim. Ca voitukia ilmastimet	Kyllä; esim. metallien kertyminen reaktoriin	Kyllä; esim. Ca voitukia ilmastimet
Vaatii yleensä esikäsittelyn	Ei	Ei (paitsi tasaus)	Ei (paitsi tasaus)	Ei (paitsi tasaus)
Vaatii yleensä jälkikäsittelyn	Kyllä; riittämätön menetelmä yksin	Kyllä; riittämätön menetelmä yksin	Kyllä; NH_4 käsittely, kiintoaineen erotus	Kyllä; kiintoaineen erotus
Käsittelyssä muodostuu jätettä/sivutuotteita, joiden käsittelystä/loppusijoittamisesta huolehdittava 1) kiinteitä 2) nestemäisiä 3) kaasumaisia	1) Pohjaliete	1) Pohjaliete (joskus); 3) Ilmaan voi poistua haihtuvia orgaanisia yhdisteitä ja NH_4	1) Bioliete (muod. vähän); 3) Biokaasu (voidaan hyödyntää energiana)	1) Bioliete; 3) Ilmaan voi poistua haihtuvia orgaanisia yhdisteitä ja NH_4
Vaatii kemikaalilisäyksen	Ei	Vaahdonestoaine (joskus)	Ei (fosforihappojoskus)	Fosforihappo, vaahdonestoaine (joskus), pH:n säätökemikaali; hiilenlähte kok.N poistossa
Merkittävimmät energiaa kuluttavat osat	Pumppaus	Ilmastus, pumppaus	Pumppaus (+lämmitys joskus)	Ilmastus, pumppaus (+lämmitys joskus)
Menetelmään liittyvä erityinen huoltotarve (normaalin pumppujen, venttiilien, instrumentoinnin ym. huollon lisäksi)	Ei	Ilmastimien puhdistus ajoittain	Biolietteen osittainen uusiminen ajoittain	Ilmastimien puhdistus ajoittain

Huomioitava	Hiekka- tai sora-suodatus	Kalvosuodatus	Haihdutus (+pH:n säätö)	Ilmastrippaus (+pH:n säätö)
Veden matalan lämpötilan vaikutus mitoitukseen (lasku $20 \rightarrow 2$ °C)	Ei suurta vaikutusta	Kalvon veden läpäisevyys huononee, laitos mitoitettava suuremmaksi	Saman vesimäärän haihduttamiseen tarvitaan enemmän energiaa	Ammoniakin höyrystymisen pienenee, laitos mitoitettava suuremmaksi (tai lämmitettävä)
Veden virtaaman tai laadun vaihtelun vaikutus mitoitukseen esim. virtaaman, COD:n tai NH_4 :n kaksinkertaistuminen. Laitoksen kapasiteetti on 1) virtaamarajoitteinen 2) kuormitusrajoitt. (ympäristöä pilaava aine)	1) Laitoksen koko kaksinkert. tai tasaus ennen käsittelyä	1)+2) Laitoksen koko kaksinkert. tai tasaus ennen käsittelyä	1) Laitoksen koko kaksinkert. tai tasaus ennen käsittelyä	1)+2) Laitoksen koko kaksinkert. tai tasaus ennen käsittelyä
Veden korrodoivuus huomioitava materiaalivalinnoissa	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Veden saostuvat yhdisteet (Fe, Mn, Ca jne.) huomioitava suunnittelussa	Kyllä; esim. saostumien aiheuttama tukkeutuminen	Kyllä; esim. saostumien aiheuttama tukkeutuminen	Kyllä; esim. kerrostumien muodostuminen lämmönvaihtopinnalle	Kyllä; etenkin Fe ja Mn saostumat voivat tukkia laitteiston
Vaatii yleensä esikäsittelyn	Ei (paitsi tasaus)	Kiintoaineen, COD:n, Fe ja Mn käsitt., ei tarpeen laimeilla vesillä	Kiintoaineen, COD:n, Fe ja Mn käsitt., ei tarpeen laimeilla vesillä	Kiintoaineen, COD:n, Fe ja Mn käsitt., ei tarpeen laimeilla vesillä
Vaatii yleensä jälkikäsittelyn	Kyllä; riittämätön menetelmä yksin	Ei (pH:n säätö)	Ei (pH:n säätö)	pH:n säätö
Käsittelyssä muodostuu jätettä/ sivutuotteita, joiden käsittelystä/loppusijoittamisesta huolehdittava 1) kiinteitä 2) nestemäisiä 3) kaasumaisia	1) Suodat. puhdistuksessa tuleva liete	2) Konsentraatti, pesuvedet	2) Konsentraatti	3) Ammoniakkipit. strippausilma, voi sisältää haihtuvia orgaanisia yhdisteitä
Vaatii kemikaalilisäyksen	Ei	Sakanestoaine, pesukemikaalit, pH:n säätökemikaalit (joskus)	Suolahappo (tai rikkihappo), lipeä, sakanestoaine, vaahdonestoaine	Lipeä (tai kalkki), suolahappo (tai rikkihappo)
Merkittävimmät energiaa kuluttavat osat	Pumppaus	Pumppaus	Pumppaus, lämmityspuhallin	Pumppaus, ilmapuhallin (+lämmitys joskus)
Menetelmään liittyvä erityinen huoltotarve (normaalin pumppujen, venttiilien, instrumentoinnin ym. huollon lisäksi)	Suodatinmateriaalin vaihto ajoittain	Kalvomoduulien vaihto ajoittain	Haihdutuselementtien vaihto ajoittain	Kantajakappaleiden puhdistus ajoittain

LIITE 4/3

Huomioitava	Otsonointi	Kemiallinen saostus	Aktiivihili-adsorptio
Veden matalan lämpötilan vaikutus mitoitukseen (lasku $20 \rightarrow 2$ °C)	Kemialliset reaktiot hidastuvat, prosessi mitoitettava suuremmaksi	Fysikaalis-kemialliset reaktiot hidastuvat, prosessi mitoitettava suuremmaksi	Fysikaalis-kemialliset reaktiot hidastuvat, prosessi mitoitettava suuremmaksi
Veden virtaaman tai laadun vaihtelun vaikutus mitoitukseen esim. virtaaman, COD:n tai NH_4 :n kaksinkertaistuminen. Laitoksen kapasiteetti on 1) virtaamarajoitteinen 2) kuormitusrajoitt. (ympäristöä pilaava aine)	2) O_3 -annoksen kaksinkert. tai tasaus ennen käsittelyä	1)+2) kemikaaliannoksen kaksinkert./ laitoksen koko kaksinkert. tai tasaus ennen käsittelyä	1)+2) Laitoksen koko kaksinkert. tai tasaus ennen käsittelyä
Veden korrodoivuus huomioitava materiaalivalinnoissa	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Veden saostuvat yhdisteet (Fe, Mn, Ca jne.) huomioitava suunnittelussa	Kyllä; etenkin Fe ja Mn saostumat voivat tukkia laitteiston	Menetelmä tarkoitettu saostuvien yhdisteiden poistamiseen	Kyllä; Fe ja Mn ym. saostumat voivat tukkia laitteiston
Vaatii yleensä esikäsittelyn	Kiintoaineen, COD:n, Fe ja Mn käsitt., ei tarpeen laimeilla vesillä	Ei (paitsi tasaus)	Kiintoaineen, COD:n, Fe ja Mn käsitt., ei tarpeen laimeilla vesillä
Vaatii yleensä jälkikäsittelyn	Ei (haluttaessa biolog. käsittely)	Kyllä; riittämätön menetelmä yksin	Ei
Käsittelyssä muodostuu jätettä/sivutuotteita, joiden käsittelystä/loppusijoittamisesta huolehdittava 1) kiinteitä 2) nestemäisiä 3) kaasumaisia	Ei sivutuotteita (jos jäännösoottonin tuhoaja)	1) Kemiallinen liete	1) Aktiivihili vaihdettava ajoittain; 2) Suodattimen pesuvedet
Vaatii kemikaalilisäyksen	Otsoni	Saostuskemikaali	Ei (pH:n säätökemikaali joskus)
Merkittävimmät energiaa kuluttavat osat	Pumppaus, otsonin valmistus, jäännösoottonin tuhoaja	Pumppaus (myös liete)	Pumppaus
Menetelmään liittyvä erityinen huoltotarve (normaalin pumppujen, venttiilien, instrumentoinnin ym. huollon lisäksi)	Ilman/hapenvalmistusyksikön toiminta, otsonin veteen liuotus	Ei	Aktiivihili vaihdettava/ regeneroitava ajoittain

Liite 5. Eri käsittelymenetelmien soveltuvuus kaatopaikkavesien puhdistuksessa.

Eri käsittelymenetelmien soveltuvuus kaatopaikkavesien puhdistukseen tiettyjen haitta-aineiden vähenemien perusteella: hyvä (vähenemä > 70 %) = xxx, kohtalainen (vähenemä 30–70 %) = xx, huono (vähenemä < 30 %) = x. Alla olevassa taulukossa V = Väkevä kaatopaikkavesi ($\text{COD}_{\text{Cr}} > 1500 \text{ mg/l}$, $\text{BOD}_7/\text{COD}_{\text{Cr}} > 0,4$, $\text{NH}_4\text{-N} > 200 \text{ mg/l}$, raskasmetallit > 0,5 mg/l paitsi Fe > 5 mg/l) ja L = laimea kaatopaikkavesi ($\text{COD}_{\text{Cr}} < 500 \text{ mg/l}$, $\text{BOD}_7/\text{COD}_{\text{Cr}} < 0,2$, $\text{NH}_4\text{-N} < 100 \text{ mg/l}$, raskasmetallit < 0,3 mg/l paitsi Fe < 3 mg/l). (Kettunen ym. 2000)

Menetelmä	Orgaaninen aines (COD tai BOD)		NH ₄ -N		Orgaaniset haitta-yhdisteet		Metallit		Kiintoaine	
	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L
Laskeutus (tasaus)	x	x	x	x	x	x	x	x	xxx	xxx
Ilmastus	x	x	x	x	x	x	x ¹⁾	x ¹⁾	x	x
Biologinen anaerobinen käsittely	xxx	x	x	x	xx	xx	xxx	xx tai x	x	x
Biologinen aerobinen käsittely 1) ilman nitrifikaatiota 2) nitrifikaatiolla 3) nitrif.+denitrifikaatiolla	xxx	xx tai x	1) xx 2) xxx 3) xxx	1) x 2) xxx 3) xxx	xx	xx	xx	xx tai x	x	x
Hiekka- tai sorasuodatus (ei biologista toimintaa) ³⁾	x	x	x	x	x	x	x	x	xxx	xxx
Kalvosuodatus (käänteisosmoosi tai nanosuodatus)	xxx	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
Haihdutus (+pH:n säätö)	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
Ilmastrippaus (+pH:n säätö)	x	x	xxx	xxx	x	x	x ^{1,2)}	x ^{1,2)}	x	x
Otsonointi	x	x	x	x	x	xxx	x ¹⁾	x ¹⁾	x	x
Kemiallinen saostus	x	x	x	x	x	x	xxx	xxx	x	x
Aktiivihiiliadsorptio (ei biologista toimintaa) ³⁾	x	xx	x	x	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Yhteiskäsittely yhdyskuntajäte- vedenpuhdistamolla 1) ilman nitrifikaatiota 2) nitrifikaatiolla 3) nitrif.+denitrifikaatiolla	xxx	xx tai x	1) xx 2) xxx 3) xxx	1) x 2) xxx 3) xxx	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx

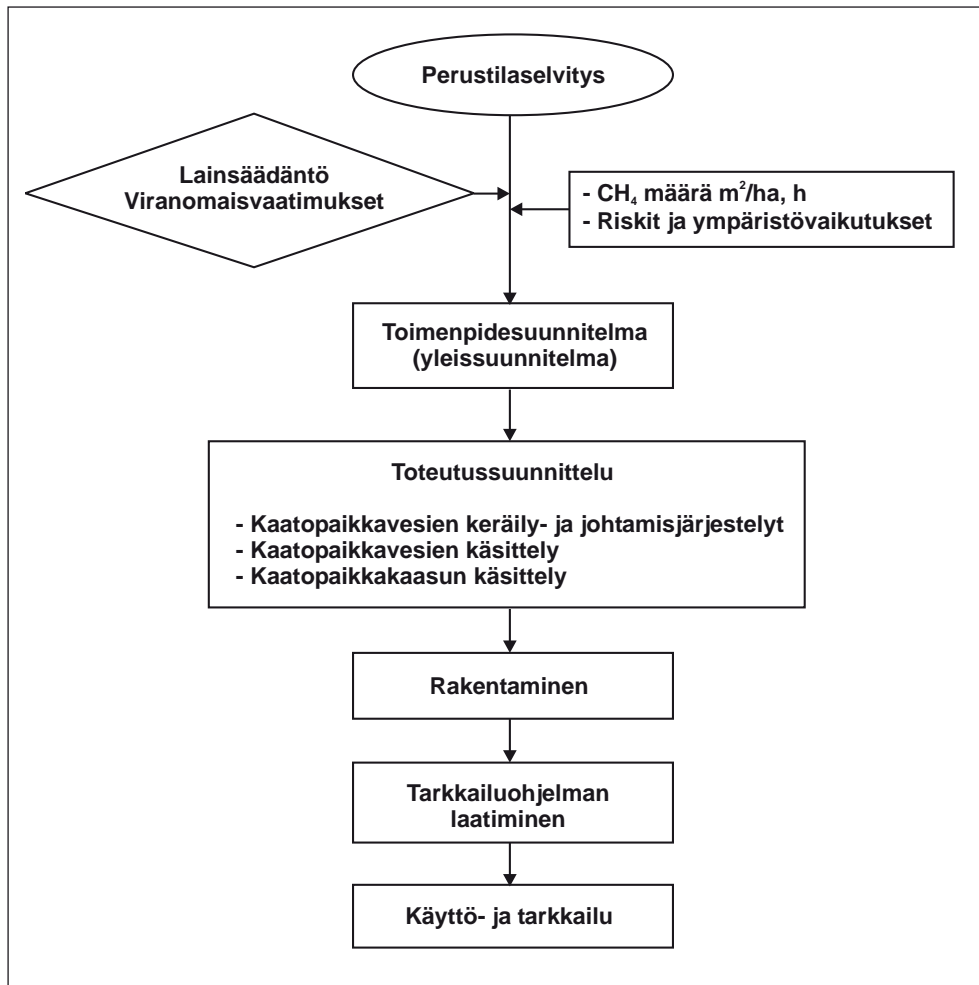
¹⁾ Fe ja Mn hapettuvat ja saostuvat. Sakka voidaan poistaa laskeuttamalla.

²⁾ Jos pH säädetään kalkilla, Fe ja Mn saostuvat. Sakka voidaan poistaa laskeuttamalla. Muut metallit voivat tarttua muodostuneeseen sakkaa jossain määrin.

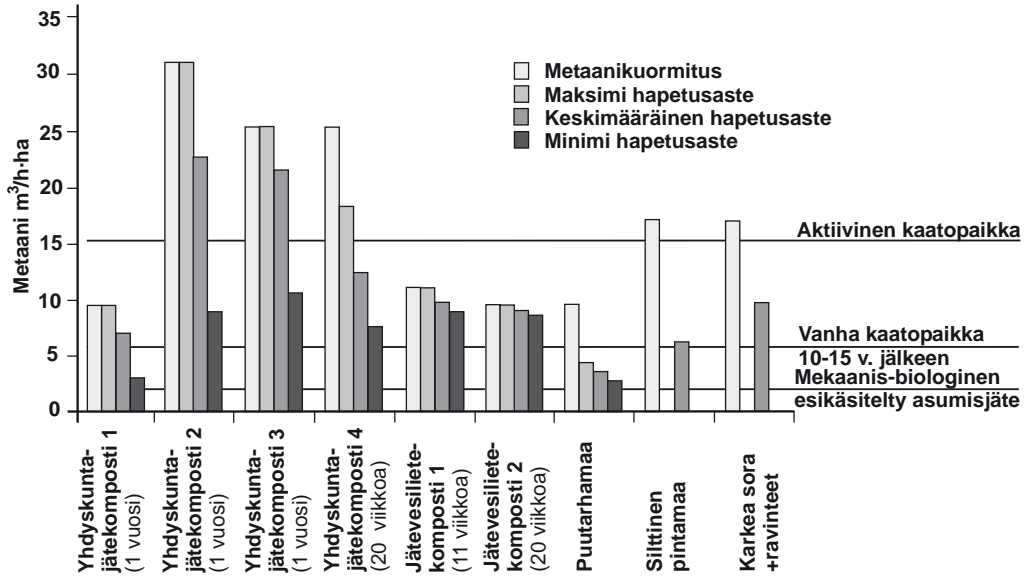
³⁾ Menetelmään voidaan yhdistää biologinen käsittely, jolloin menetelmän mitoitus on tehtävä biologisin perustein eikä esim. suodatuksen tai adsorption mitoitusperusteita käyttäen.

LIITE 6

Liite 6. Kaaviokuva kaatopaikkavesien ja -kaasujen keräilystä, käsittelystä ja tarkkailusta.



Liite 7. Esimerkki kompostien ja maalajien hapetusasteista.



Kuva I/7. Kahdessa laboratoriotutkimuksessa saatuja tuloksia erityyppisten kompostien ja maalajien hapetuskapasiteetista 18–19 asteen lämpötilassa (mukaeltu; Humer ja Lechner 1998).

Liite 8. Kaatopaikan lopettamissuunnitelmien tarkastus.

Tavoite

Tarkastaa, että kaatopaikan kunnostamiseksi tai lopettamiseksi tehdyt suunnitelmat ovat laissa ja valtioneuvoston päätöksessä (861/1997) asetettujen vaatimusten mukaiset sekä merkitä muistiin suunnitelmissa olevat virheet ja puutteet.

Menettelyt

1 Tarkista, että mm. seuraavat asiakirjat löytyvät ja ovat asiantuntemuksella laaditut:

- kunnostukselle tai lopettamiselle asetetut tavoitteet
- suunnitelmapiirustukset, maaperätiedot, rakenneleikkaukset, kaaviot
- kustannusarvio ja määräluettelo
- työselitykset
- muut:
 - kaatopaikan lopettamispäätös
 - ympäristökuormituksen seurantatulokset
 - ympäristövaikutusten arviointi
 - rakenteiden ja pohjamaan vakavuus- ja painumatarkastelu
 - vesitaselaskelma
 - kunnostustarpeen arviointi
 - kunnostustoimenpiteet

2 Tarkista kunnostus- ja lopettamistoimenpiteiden ja niiden tavoitteiden oikeellisuus ml. kaatopaikkaprosessin kehitys.

3 Tarkista kaatopaikan pintarakenneratkaisu. Ainakin seuraavat kerrokset (alimmasta lähtien) on suunnitelmista löydettävä:

- kaasunpoistokerros (karkea lajittunut aines tai jäte tai synteettinen kerros/pysty- tai vaakasuora)
- Jos pyritään vähentämään kaatopaikkaan suotautuva vesimäärä 5 %:iin sadannasta, on tiivistekerroksen vedenläpäisevyys oltava 10^{-9} m/s tai pienempi. Jos voidaan sallia, että sadannasta imeytyy jätetäyttöön 20–25 % sadannasta, on tiivistekerroksen läpäisevyys oltava 10^{-8} m/s tai pienempi.
- kuivatuskerros (karkea lajittunut aines tai jäte tai synteettinen kerros, paksuus > 500 mm)
- pintamaakerros (humusmaa tai muu sopiva kasvualusta, paksuus > 1000 mm)
- (lupaviranomainen voi päätöksellään lieventää vaatimuksia eräin rajoituksin).

- 4 Tarkista, että pintarakenteen tiivistyskerroksen toimivuus on mahdollista varmistaa mittaamalla pintavaluntana ja kuivatuskerroksesta purkautuvan veden laatu ja määrä.
- 5 Tarkista kaatopaikkavesien keräys- ja käsittelyjärjestelmä. Tarkista, että
 - ojitus-, tasausallas- ja pumppaamosuunnitelmat ovat oikein
 - jätepenkereen kuivatus on järjestetty pystypumppauksin tai salaojituksin
 - puhdistus on tehokas myös alhaisilla lämpötiloilla $< 5^{\circ}\text{C}$
 - kaatopaikkavesien osuus yhdyskunnan jätevedenpuhdistamon kokonaisvirtaamasta ei ole yli 1 %
 - johtaminen ei heikennä puhdistamon toimintaa eikä puhdistamolietteen laatua(lupaviranomainen voi päätöksellään lieventää vaatimuksia eräin rajoituksin).
- 6 Tarkista kaatopaikkakaasun keräys- ja käsittelyjärjestelmä. Tarkista, että kaasun hyötykäyttömahdollisuudet on tarkistettu ja mahdollisuuden mukaan hyödynnetty. Mikäli kaasuja ei ole hyödynnetty energiana, varmista, että kaasut joko poltetaan tai käsitellään biologisesti.
(lupaviranomainen voi päätöksellään lieventää vaatimuksia eräin rajoituksin).
- 7 Tarkista pinnan kaltevuus, muotoilu ja viherrakennussuunnitelmat. Pinnan kaltevuus on oltava $> 1:20$.
- 8 Tarkista reunojen luiskakaltevuudet. Kaltevuudet tulee olla $< 1:3$.
- 9 Tarkista jälkitarkkailuohjelma, jossa on oltava vähintään:
 - kaatopaikkaprosessin tarkkailu
 - kaatopaikkavesien tarkkailu
 - pinta- ja pohjavesien tarkkailu
 - kaasun muodostuksen ja purkautumisen tarkkailu
 - rakenteiden toimivuuden tarkkailu
- 10 Ehdota mahdollisia jälkikäyttövaihtoehtoja, mikäli jälkikäyttöä ei ole suunniteltu (esim. kompostointialue, pysäköintialue, ylijäämämaiden tms. varastoalue).
- 11 Tarkista määräluettelon ja kustannusarvion kattavuus ja yksikköhintojen realistisuus.
- 12 Tarkista löytyykö kaatopaikan lopettamiseen liittyvät opasteet suunnitelmista, ainakin käyttäjien ohjaus uudelle kaatopaikalle.
- 13 Tarkista haittaeläinten torjuntatoimenpiteiden riittävyys.
- 14 Hyväksy suunnitelma tai tee virheistä ja puutteista lista ja vaadi tarvittavat korjaukset.

Dokumentit

- Puutalista

Viiteaineisto

1. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/1997)

Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista

Perustilaselvitys

- vesien keräilyjärjestelmä, ml. salaoitus
- vesistökuormitus, asukasvastineluku
- muut kuormitustekijät, myrkylliset yhdisteet

Toimenpidesuunnitelma

- keräily- ja johtamisjärjestelyt
- kaatopaikkavesien käsittely
 - ensisijaisesti paikallinen käsittely
 - johtaminen muualle käsiteltäväksi

Rakentaminen

Käyttö, valvonta ja tarkkailu

KUVAILULEHTI

<i>Julkaisija</i>	Suomen ympäristökeskus SYKE			<i>Julkaisu-aika</i> Heinäkuu 2008
<i>Tekijä(t)</i>	Työryhmä, pj. Markku Kukkamäki			
<i>Julkaisun nimi</i>	Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito			
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Ympäristöhallinnon ohjeita			
<i>Julkaisun teema</i>	Ympäristönsuojelu			
<i>Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut</i>				
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Tässä julkaisussa käsitellään kaatopaikkojen käytöstä poistamiseen ja jälkihoitoon liittyviä tarpeita, lainsäädäntöä ja toimenpiteitä. Lainsäädännön asettamat vaatimukset kaatopaikoille muuttuivat vuonna 1997, ja kaatopaikan pohjarakenteita koskeva kymmenen vuoden siirtymäaika täyttyi lokakuussa 2007. Tämän jälkeen kaatopaikkoja jäi runsaasti pois käytöstä. Niiden jälkihoito jatkuu laajamittaisena vielä lähivuosikymmenet.</p> <p>Kaatopaikkojen asianmukaisella jälkihoidolla pyritään siihen, ettei kaatopaikoista niiden käytöstä poistamisen jälkeen synny haitallisia päästöjä ympäristön maaperään, pinta- ja pohjavesiin eikä ilmaan. Kaatopaikan sijainnin ja tilan selvitysten perusteella käytöstä poistetulle kaatopaikalle suunnitellaan tarvittavat kunnostus- ja jälkihoitotoimenpiteet. Niitä voivat olla esimerkiksi kaatopaikan eristäminen ja kaatopaikalla syntyvien vesien sekä kaatopaikkakaasun keräys ja käsittely. Kaatopaikan pintarakenteiden rakentamisessa on otettava huomioon mm. kaatopaikan erityispiirteet, tuleva maankäyttö, sääolosuhteet sekä käytettyjen materiaalien ja rakenteiden laadunvarmistus. Kunnostustoimenpiteiden toimivuutta tarkkaillaan kaatopaikan jälkiseurannan avulla</p>			
<i>Asiasanat</i>	jätehuolto, kaatopaikat, lainsäädäntö, käytöstä poistaminen, jälkihoito, rakenteet, tiivistys, kunnostus, maaperän suojele, vesiensuojele, pohjavedet, ilmansuojele			
<i>Rahoittaja/ toimeksiantaja</i>	Suomen ympäristökeskus			
	ISBN (nid.) 978-952-11-3150-9	ISBN (PDF) 978-952-11-3151-6	ISSN (pain.) 1796-1645	ISSN (verkkoi.) 1796-1653
	Sivuja 155	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta (sis.alv 8 %) 15 €
<i>Julkaisun myynti/ jakaja</i>	Edita Publishing Oy, PL 800, 00043 EDITA Puh: vaihe 020 450 00, asiakaspalvelu 020 450 05, faksi 020 450 2380 Sähköposti: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi, www.edita.fi/netmarket			
<i>Julkaisun kustantaja</i>	Suomen ympäristökeskus (SYKE), PL 140, 00251 HELSINKI Puh. 020 490 123 Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi, www.ymparisto.fi/syke			
<i>Painopaikka ja -aika</i>	Vammalan kirjapaino 2008			

PRESENTATIONSBLAD

<i>Utgivare</i>	Finlands miljöcentral			<i>Datum</i> Juli 2008
<i>Författare</i>	Arbetsgrupp, ordförande Markku Kukkamäki			
<i>Publikationens titel</i>	Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito (Nedläggning och eftervård av avstjälningsplatser)			
<i>Publikationsserie och nummer</i>	Miljöförvaltningens anvisningar			
<i>Publikationens tema</i>	Miljövård			
<i>Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt</i>				
<i>Sammandrag</i>	<p>I denna publikation presenteras de behov, lagstiftning och åtgärder som berör nedläggning och eftervård av avstjälningsplatser. Lagstiftningen ändrades i 1997, och den nya lagen ställer strängare krav för miljöskydd än den gamla. Den tio år långa övergångsperioden löpte ut i oktober 2007, och nu finns det talrika avstjälningsplatser som måste både nedläggas och eftervårdas.</p> <p>Med vederbörlig eftervård strävar man till att hindra skadliga utsläpp från nedlagda avstjälningsplatser i mark, yt- och grundvattnen samt luften i närheten av avstjälningsplatsen. Efter undersökningar av avstjälningsplatsens tillstånd och läge planeras nödvändiga åtgärder för uppbyggnad. De kan vara t.ex. isolering av avstjälningsplatsens med uppsamling och behandling av lakvatten och gas. Vid anläggning av ytskikten måste man ta i beaktande bl.a. den särskilda karaktär avstjälningsplatsen har som byggnadsgrund, väderförhållandena och kvalitetssäkring av strukturer och material. Åtgärdernas funktionalitet kontrolleras genom uppföljning.</p>			
<i>Nyckelord</i>	avfallshantering, avstjälningsplats, lagstiftning, nedläggning, eftervård, strukturer, tätning, restaurering, skydd av jordmånen, vattenskydd, grundvatten, luftvård			
<i>Finansiär/ uppdragsgivare</i>				
	ISBN (hft.) 978-952-11-3150-9	ISBN (PDF) 978-952-11-3151-6	ISSN (print) 1796-1645	ISSN (online) 1796-1653
	Sidantal 155	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %) 15 €
<i>Beställningar/ distribution</i>	Edita Publishing Ab, PB 800, 00043 EDITA Tel: växel 020 450 00, kundtjänst 020 450 05, telefax 020 450 2380 Epost: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi, www.edita.fi/netmarket			
<i>Förläggare</i>	Finlands miljöcentral (SYKE), PB 140, 00251 Helsingfors Tel. 020 490 123 Epost: neuvonta@ymparisto.fi, www.miljo.fi/syke			
<i>Tryckeri/tryckningsort och -år</i>	Vammalan kirjapaino 2008			

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute			Date
<i>Author(s)</i>	Working group, Chairman Markku Kukkamäki			
<i>Title of publication</i>	Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito (Closing and after-care of landfills)			
<i>Publication series and number</i>	Environmental Administration Guidelines			
<i>Theme of publication</i>	Environmental protection			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>				
<i>Abstract</i>	<p>The guide presents the needs, legal aspects and proceedings in closing landfills and for the proper after-care of closed landfills. The Finnish landfill legislation was changed in 1997, and the new law provides higher standards in environmental and health protection than previously. The transition period ended in October 2007, and now several landfills are to be closed within the following decades.</p> <p>The landfills should be closed correctly and the after-care carried out properly in order to prevent pollution to soil, surface water, groundwater and air. The appropriate remediation and after-care actions, e.g. the isolation of the landfill and management of landfill leachates and gas, are selected according to the investigations of the state and location of the landfill. The specific characteristics of the landfill as a construction site, weather conditions and the quality assurance of the structures and materials must be taken into account in constructing the capping system of the landfill. The functioning of the remediation actions is monitored afterwards</p>			
<i>Keywords</i>	waste management, landfill, legislation, closing, after-care, structures, capping, soil protection, water protection control, groundwater, air pollution control			
<i>Financier/ commissioner</i>	Finnish Environment Institute			
	ISBN (pbk.) 978-952-11-3150-9	ISBN (PDF) 978-952-11-3151-6	ISSN (print) 1796-1645	ISSN (online) 1796-1653
	No. of pages 155	Language Finnish	Restrictions Public	Price (incl. tax 8 %) 15€
<i>For sale at/ distributor</i>	Edita Publishing Ltd, PB 800, 00043 EDITA Phone: operator +358 20 450 00, customer service +358 20 450 05, fax +358 20 450 2380 Email: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi, www.edita.fi/netmarket			
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute (SYKE), P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Phone +358 20 490 123, Fax +358 20 490 2190 Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi, www.environment.fi/syke			
<i>Printing place and year</i>	Vammalan kirjapaino 2008			

Tämä julkaisu on tehty auttamaan kaatopaikkojen omistajia, suunnittelijoita, rakennuttajia, urakoitsijoita, lupaviranomaisia ja valvojia kaatopaikan käytöstä poistamiseen ja jälkihoitoon liittyvien kunnostus- ja parannustoimenpiteiden valinnassa, suunnittelussa ja toteuttamisessa sekä valvonnassa.

Tässä julkaisussa esitellään kaatopaikan käytöstä poistamiseen ja jälkihoitoon liittyviä tarpeita, lakeja ja määräyksiä sekä toimenpiteitä. Julkaisussa opastetaan kaatopaikan tilan tutkimusten järjestämisessä ja esitellään erilaisia jälkihoitotoimenpiteitä, joissa pääpaino on kaatopaikan pintarakenteilla sekä kaatopaikkavesien ja kaasun talteenotossa ja käsittelyssä. Kunnostusprosessin kulkuun liittyen huomiota on kiinnitetty ratkaisujen suunnitteluun, kunnostamisen eri vaiheisiin, laadunvarmistukseen ja jälkiseurantaan.



Myynti: Edita Publishing Oy
PL 780, 00043 EDITA
Asiakaspalvelu: puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380
Edita-kirjakauppa Helsingissä:
Antinkatu 1, puh. 020 450 2566

ISBN 978-952-11-3150-9 (nid.)

ISBN 978-952-11-3151-6 (PDF)

ISSN 1796-1645 (pain.)

ISSN 1796-1653 (verkkokj.)